

الفصل الثاني

الخلية ومحتوياتها

الخلية الحيوانية

Animal Cell

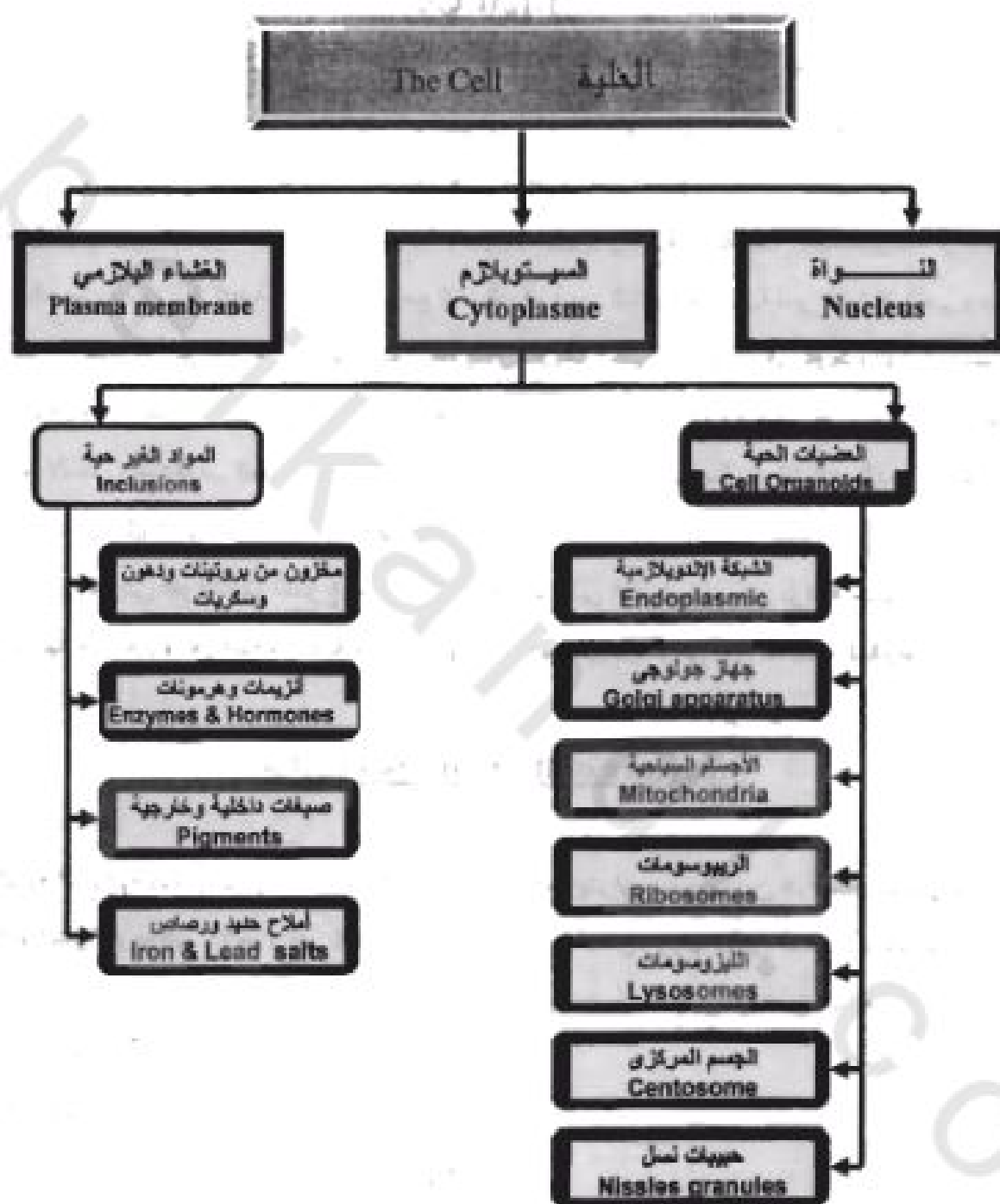
لاحظ روبرت هوك (Hook) وهو يبحث قطعة من الفلين تحت الميكروسكوب أنها تتكون من عدد كبير من الغرف التي تشبه غرف الزهبلان في الأديرة فأطلق على هذه الغرف اسم الخلايا ، ثم توالت الدراسة في هذا المجال ثم اكتشف براون وجود جسم صغيرة داخل الخلية أسماه النواة وفي عام ١٨٣٨ وضع شليدن Schleiden أسس النظرية الخلوية Cell Theory وهي أن الكائنات الحية حيوانية أو نباتية تتكون من وحدات تركيبية هي الخلايا ومع تقدم الدراسة من الناحية الوظيفية تبين أن الخلية هي وحدة وظيفية فضلا عن كونها وحدة تركيبية وعلى هذا يمكن تعريف الخلية على أنها (هي الوحدة الوظيفية لجسم الحيوان وهي كتلة من البروتوبلازم تحتوي على نواة). وتختلف الخلايا الحيوانية من حيث الشكل والتركيب طبقا لأماكن وجودها في الجسم ووظائفها الحيوية والعض له حركة أميبية مثل كرات الدم البيضاء وأخرى ثابتة الشكل مثل الحيوانات العنوية والبريوضات.

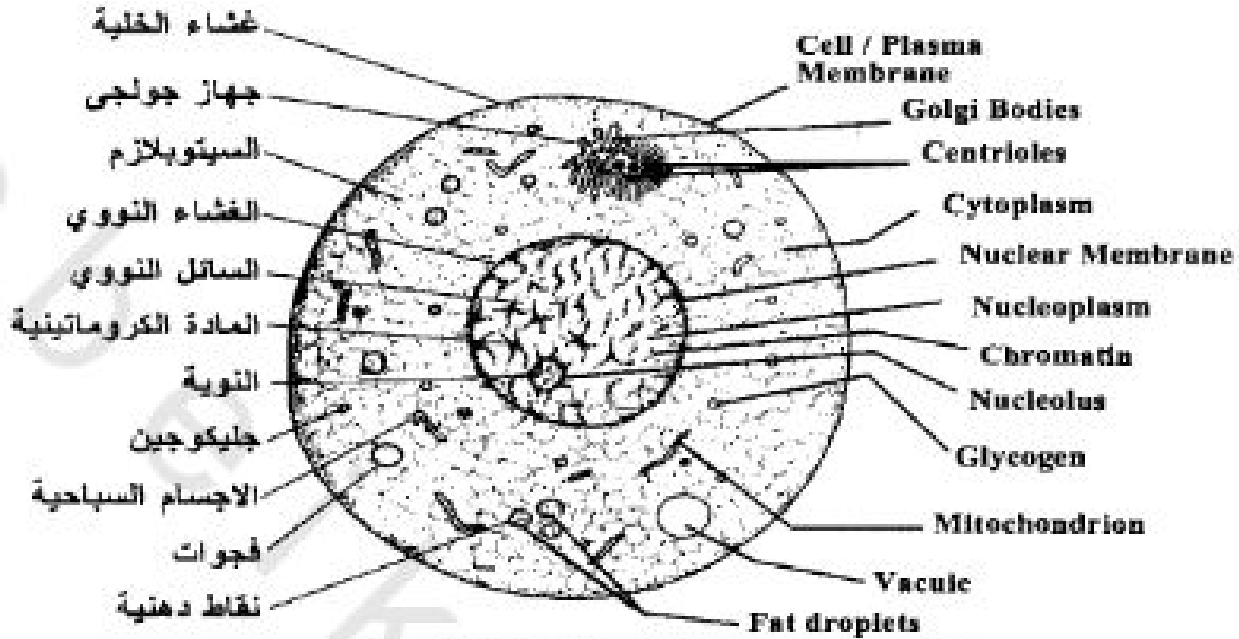
وبتوالي الدراسة تم اختراع الميكروسكوب الإلكتروني الذي استخدم في دراسة محتويات الخلية، والخلية هي عبارة عن كتلة من المادة الحية الأولية أو البروتوبلازم وهي التي اكتشفها العالم بركنج.

تركيب الخلية Structure of the Cell

الخلية الحيوانية كما في شكل (١.٢ ، ٢.٢) متعددة الأنواع ويتراوح حجمها بين ٧,٥ ميكرون في كرات الدم الحمراء وحوالي ٣٠ مم وأكبر كما في بعض النعامة حيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو كما في بعض الخلايا العصبية في الحيوانات الكبيرة التي تبلغ طولها حوالي متر أو أكثر ويمكن تمييز الخلية إلى:

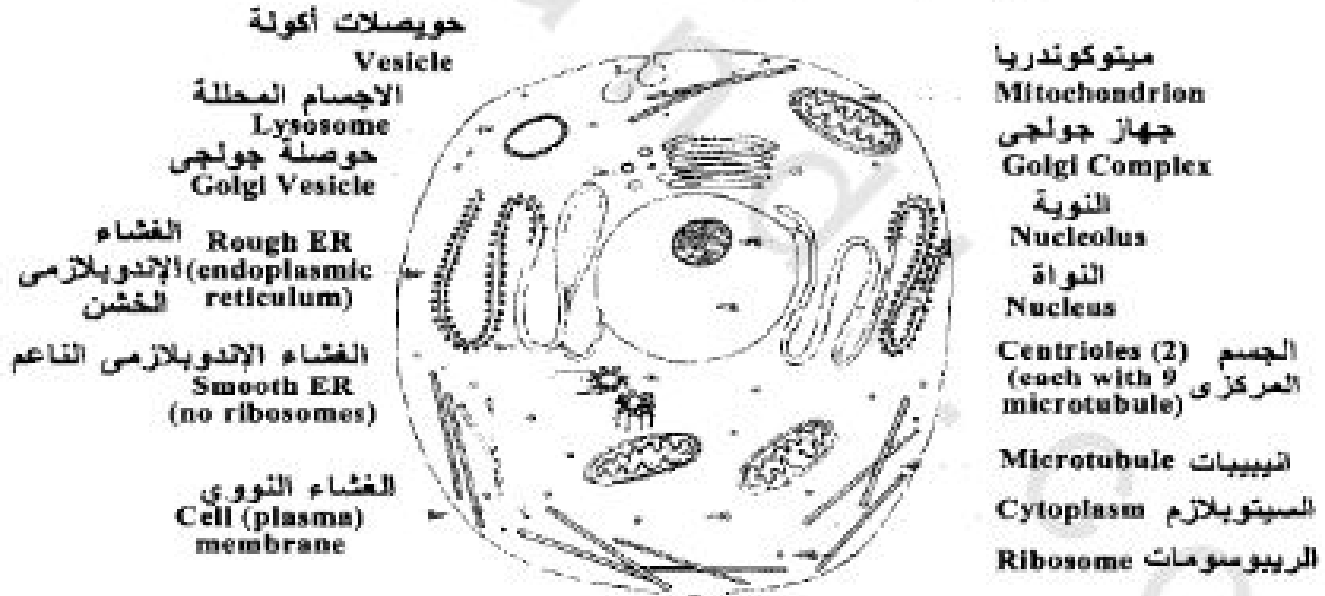
- | | |
|-----------------|---------------|
| ١ - غشاء الخلية | Cell membrane |
| ٢ - الميتوبلازم | Cytoplasm |
| ٣ - النواة | Nucleus |





An Animal cell as seen under simple compound microscope.

شكل رقم (١-٢) خلية حيوانية تحت الميكروسكوب الضوئي



An Animal cell as seen under electron microscope.

خلية حيوانية تحت الميكروسكوب الإلكتروني

شكل رقم (٢-٢)

غشاء الخلية Cell membrane

أو الغشاء البلازمي Plasma membrane

كل خلية حيوانية محاطة بغشاء رقيق يتكون من بعض الدهون والبروتينات، وتتمثل في طبقتين من البروتينات أحدهما طبقة خارجية والأخرى داخلية وتوجد بين الطبقتين طبقة من المواد الدهنية، وترتبط أغشية الخلايا بعضها البعض بواسطة وصلات بين خلوية، تعتبر امتدادات لبغية متغلظة من أغشية الخلايا المتجاورة.

وأهم ما يتميز بها غشاء الخلية بأن لها خاصية النفاذية الاختيارية Selective Permeability التي جعلها تفلتر من المواد والمركبات والأيونات وما تسمح له بالذفاذ خلالها سواء إلى الداخل أو الخارج حسب الاحتياجات الفسيولوجية للخلية،

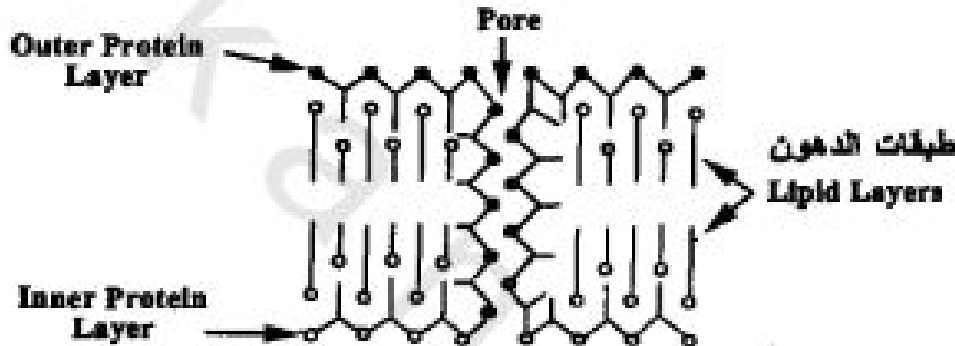
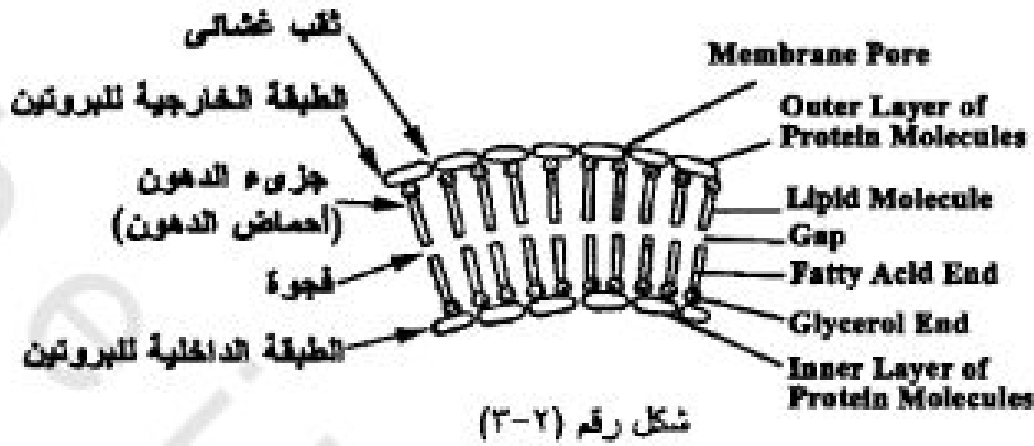
التركيب الجزيئي لهذه الأغشية :

وهي تتنظم على شكل طبقة من الدهون على هيئة صف مزدوج من الجزيئات محصورة بين طبقتين من جزيئات البروتين إحداها إلى الخارج والأخرى للداخل وتوجد تقووب صغيرة دقيقة في غشاء الخلية كما أوضحها العالم دانيللي في عام ١٩٤٥ وأنها تحمل شحنات كهربية موجبة والبعض سالبة لعملية تنظيم مرور أيونات المواد الذائبة المختلفة إلى الداخل وإلى الخارج من الخلايا كما في شكل (٣-٢)

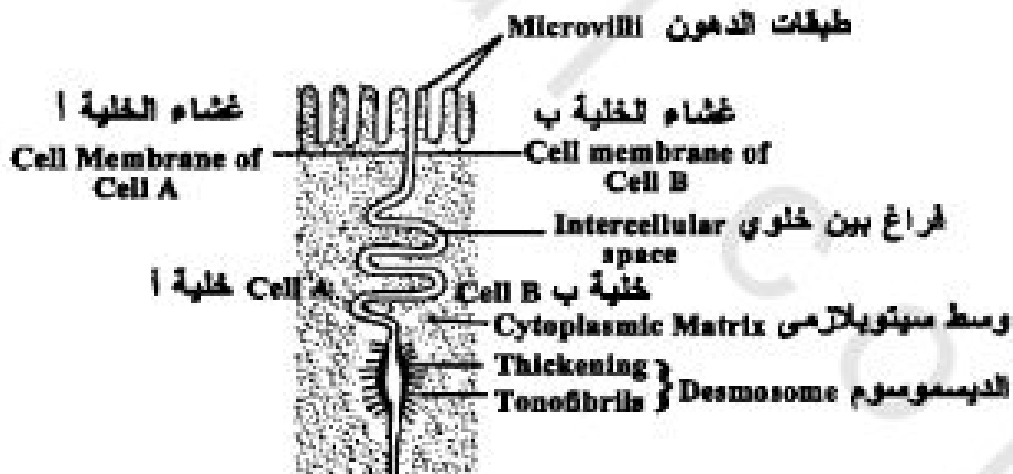
يوجد غشاء حول الخلية يحيط بكل محتوياتها الداخلية ويسمى هذا الغشاء بالغشاء البلازمي

Plasma membrane or plasma lemma

والغشاء البلازمي غشاء رفيع جداً ومرن ونفاذ وهو ذات تركيب حي .



التركيب الجزيئي لغشاء الخلية Molecular structure of cell membrane



غشاء الخلية لخليتين متجاورتين Cell membrane of two adjacent cells

شكل رقم (٢-٤)

التركيب فوق خلوي Ultrastructure

يتكون الغشاء البلازمي من ثلاث أغشية trilaminar وهذه الأغشية مكونة من جزئيات من البروتينات والدهون. وقد أشار العالم دنيسون Danieli & Davson عام ١٩٢٥ إلى هذا التركيب.

وفي عام ١٩٢٨ أشار العالم هارفى وفيل عام ١٩٢٨ بأن الغشاء البلازمي يتكون من طبقتين من جزئيات البروتين وطبقة واحدة من جزئيات الدهون مثل السندوتش Sandwiched وهذا ما يتضح في التركيب الخلوي للغشاء تحت الميكروسكوب الإلكتروني بأنه عبارة عن تركيب بروتيني-دهني - بروتيني.

وفي عام ١٩٥٩ أوضح العالم روبرتسون Robertson وحدة الغشاء unit membrane وهذه الوحدة هي عبارة عن ترتيب جزئي هو بروتين - دهون - بروتين وهذا الترتيب موجود في كل من الغشاء البلازمي والاندوبلازمي وجهاز جولجي و الليزوسومات والميتوكوندريا. ويبلغ سمك الغشاء البلازمي في معظم الخلايا من ١٠٠-٢١٥ أنجستروم؛ فمثلا للغشاء البلازمي للخلايا المعوية الظلائية intestinal epithelium cells يبلغ سمكها حوالي ١٠٥ أنجستروم. ويتكون من طبقتين داخلية وخارجية وسمكها ٤٠ أنجستروم وبينهما طبقة داخلية أقل سمكا تبلغ ٢٥ أنجستروم.

والغشاء البلازمي ليس طبقة واحدة مستمرة ولكن تحتوي في بعض الأماكن على ثوب صغيرة يبلغ نصف قطرها من ٨-٥٠ أنجستروم ويعتمد مدى فتح وغلق هذه الثوب أو الفتحات على المرحلة الأيضية المختلفة في الخلية كما في شكل (٢-٤).

التركيب الكيميائي: Chemical composition

يتكون الغشاء البلازمي في معظم الخلايا الحيوانية من: كربوهيدرات - دهون - بروتين.

١- السكريات: Carbohydrate

تمكن العالم بل (Bell) عام ١٩٦٢ من التعرف على وجود السكريات في الغشاء البلازمي في كل من خلايا كرات الدم الحمراء والخلايا الكبدية حيث تحتوي على ٥% من السكريات. ومعظم هذه السكريات هي: السكر المزدوج والهكسامين والفركتوز وحمض السلييك Hexose, Hexosamine, fructose and sialic acid

٢- الدهون: Lipids

يحتوي الغشاء البلازمي على ٢٠-٤٠% من الدهون والتكوين الأساسي لهذه الدهون هو الفوسفوليبيد Phospholipids مثل الليسين والسفالين وغيرها such as lecithin, cephalin and sphingomyelin

- وأنواع أخرى من الدهون مثل الكوليسترول cholesterol والسكريات galactolipids ويتركب الدهون كيميائيا من أحماض دهنية fatty acids فمثلا يتركب الغشاء البلازمي لكريات الدم الحمراء من الأحماض الدهنية مثل:

Palmitic, stearic, oleic, linoleic and arachidonic acids

٣- البروتينات: Proteins

يكون البروتين الجزء الأكبر من الغشاء البلازمي فمثلا يكون في كرات الدم الحمراء حوالي ٦٠-٨٠% من البروتينات حيث يحتوى على وزن جزيئي كبير ويسمى تكتج "Tectings" والذي أشار إليه العالم مازى وريبي (Mazia & Ruby) في عام ١٩٦٨ حيث أن هذا البروتين يشبه بروتين الأكتين actin الموجود في الخلايا العضلية وفي الأنابيبات microtubules ومعظم هذه البروتينات تحتوى على الأحماض الأمينية مثل الأرجنين والليسين والهستيدين والتروزين والتريبتوفان والميثيونين والسيستين. Aragine, lysine, kistidine, tyrosine, tryptophan, methionine and cysteine ولكن أنواع هذه البروتينات قد يختلف من خلية إلى أخرى أو من حيوان إلى آخر.

الإنزيمات: Enzymes

قد تم فصل حوالي ٣٠ نوع من الإنزيمات من الغشاء البلازمي ومن أمثلتها:

الفوسفات القاعدية والأسترات أحادية الفوسفات الحامضية وريبونيكليز.

5'-nucleotidase, Mg^{2+} ATPase, $Na^{+}-K^{+}$ activated Mg^{2+} ATPase, Alkaline phosphatase, acid phosphomono-esterase and RNAase.

التركيب الجزيئي: Molecular structure

يتركب الغشاء البلازمي من طبقتين : من جزيئات البروتين بينهما طبقة من الدهون هذه الطبقة تتمثل في طبقتين من جزيئات الدهون في شكل سلسلة وتوجد طبقتين الدهون في شكل متوازي لبعضهما البعض مكونه شكل ثنائي الطبقات bimolecular or double layers وتتماسك طبقتي الدهون مع بعضها البعض بواسطة النهاية الداخلية لجزيئات الدهون حيث أنها غير قطبية Non-polar وغير محبة للماء (Hydrophobic, Hydro water, phobe = hate) في طبيعتها. وبالتالي كل من الطبقة الدهنية متماسكان مع بعضهما البعض نتيجة لقوة فان درفال في نهاية هذه الطبقات غير القطبية.

- وتحاط طبقتي الدهون من الخارج والداخل بطبقة من صف واحد من جزيئات البروتين ومتصلة بها من الخارج بواسطة النهايات القطبية Polar وأنها محبة للماء Hydrophilic.

- وترتبط أيضا جزيئات الدهون بجزيئات البروتين في كلا الطبقتين بواسطة الرابطة الهيدروجينية: Hydrogen bonds

والاتصال الأيوني Ionic linkage والقوة الكهروستاتيكية Electrostatic forces

وقد وجد أيضا بعض جزيئات السكر مصاحبة لجزيئات البروتين والتي تعطى ثبات stability وقوة لمركبات البروتين والدهون معا lipoprotein complex (ليبوبروتين) - المسافات بين الخلوية The Inter-cellular space في الحيوانات عديدة الخلايا الغشاء البلازمي لخلايتين متجاورتين لا يفصل بينهما فراغ يحصل عرضه من ١٠-١٥٠ أنجستروم، وهذا الفراغ يأخذ شكلاً ثابتاً (uniform) ويحتوى على مواد ذات كثافة إلكترونية والتي تعتبر كمادة لسمنتيه بين الخليتين.

اندغام الغشاء البلازمي Invagination of plasma membrane

ويوجد عند القاعدة الداخلية للغشاء البلازمي لبعض الخلايا مثل الخلايا الكلوية يتم عملية انتقال نشطة حيث تحتوى هذه القاعدة على عدد كبير من الطوابع many invaginations or infoldings هذه الطيات تحتوى على عدد كبير من الأجسام السباحية (Mitochondria) حيث تحتوى هذه الأجسام على عدد كبير من الإنزيمات التي تمد الغشاء البلازمي بالطاقة والعمليات الحيوية المختلفة والنقل.

- التقاء بعض الأغشية البلازمية للخلايا أو الارتباط الخلوي

Specialization is plasma membrane due to contact

تبقى الأغشية البلازمية لبعض الخلايا المتجاورة على اتصال ببعضها البعض ولكن يفصلها فراغات بينية وهذه الفراغات تكون متقاربة أو متباعدة وفي بعض الخلايا الطلائية (مثل الخلايا الطلائية الحرشقية المركبة) الغشاء البلازمي الملاصق لخلايتين يصبح الغشاء البلازمي سميك في بعض المناطق thickened area ويخرج منها خيوط دقيقة رفيعة تسمى الزوائد الليفية أو الخيطية monofilaments or tonofibrils وهي شعاعية وتتجه نحو داخل الخلية وبذلك تسمى المنطقة السمكية المتفرعة بهذه الزوائد باسم الدسموسوم Desmosome وهو يشغل مساحة دائرية يبلغ نصف قطرها حوالي ٠,٥ ميكرون من الغشاء البلازمي لكلا الخليتين والتي تتصل عن بعضها البعض بمسافة تتراوح من ٣٠٠ - ٥٠٠ أنجستروم والمساحة بين الخلايا بين كل الدسموسومات (التغلظات) تحتوى على مادة مغطاة والتي تؤدي إلى عملية التصاق الخلية كما في شكل (٢-١)

- وأهمية هذا التغلط أو الدسموسوم Desmosome هو في التصاق الخلايا مع بعضها البعض واعطاء الدعم الكامل لها.

- نصف الدسموسوم: Hemidesmosome

وقد أشار العالم كيلي (Kelley) عام ١٩٦٦ بأن هناك نصف التغطا أو نصف الدسموسوم والموجود في أسطح القاعدة لبعض الخلايا الطلائية وهو يشبه تماما الدسموسوم في جميع التفاصيل ولكن الجانب الخارجى له مطلق باللياف الكولاجين.

حواجز الدسموسوم (التلفظ): Septa Desmosome

قد أوضح بعض العلماء مثل وود (Wood) عام ١٩٥٩ والعالم لوك (Locke) عام ١٩٦٥ والعالم جورنتين (Gauranten) عام ١٩٦٧ بأن هذه التغطيات أو الدسموسومات في الخلايا الطلائية لبعض اللافقاريات تسمى حواجز الدسموسومات Septate desmosomes. وتبقى الأغشية البلازمية منفصلة عن بعضها البعض بمسافة تقدر بنحو ١٥٠-٢٠٠ أنجستروم ولكن تبقى متصلة ببعضها البعض بواسطة حواجز عرضية متوازية مكونة أساسا من جزيئات بروتينية. - وظيفة حواجز الدسموسوم (septate desmosome) هي لتتصق الخلايا ببعضها البعض.

- العوارض النهائية: Terminal Bars

وهي عبارة عن اتصالات داخلية متوسطة inter-mediary junctions وهذه العوارض تشبه الدسموسوم. ولكن ينقصها وجود الزوائد أو الخيوط البروتينية tonofibrils وفي نهاية هذه العوارض يوجد منطقة تغطا والميتوبلازم بها أكثر تركيزاً. وتوجد هذه العوارض في الجزء الداخلي الوسطى للغشاء البلازمي في بعض الخلايا الطلائية العمودية تحت السطح قليلا Intermidiary portion of the plasma membrane.

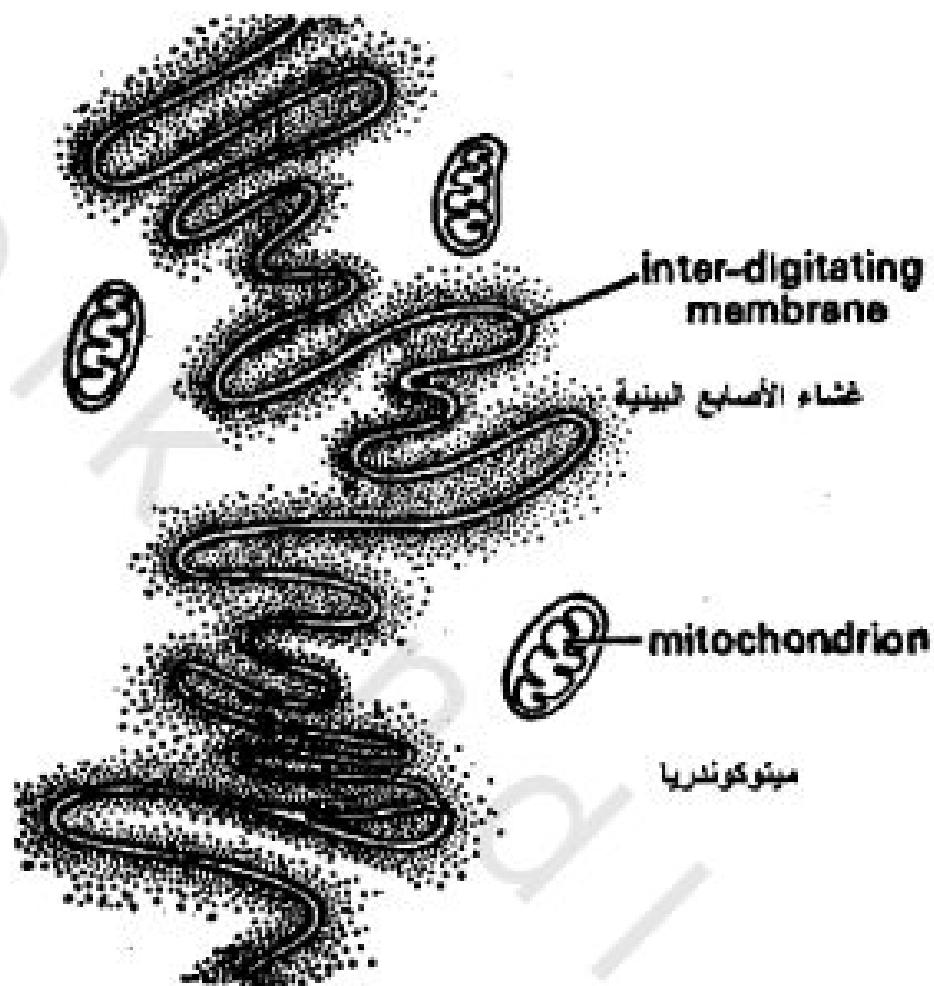
- الأصابع البينية: Inter-digitations

في بعض الأماكن للأغشية البلازمية لخليتين متلاصقتين يخرج منهما زوائد تشبه الأصابع finger - like projections تسمى بالأصابع البينية Inter digitations ، ويكون هذا التركيب نوع من الأنواع المعقدة أو المتطورة بين الدسموسوم والعوارض النهائية كما في شكل (٢-٥).

- فجوة الاتصال: Gap - junctions

في بعض الخلايا ومنها خلايا النسيج العضلي القلبي تحتوي الخلايا فيما بينها على مسافة بين خلوية يصل عرضها ٢٠ أنجستروم وشكل هذه الفجوات هو سداسي Hexagonal وعرضها من ٧٠-٧٥ أنجستروم وتسمى هذه الفجوات بفجوة الاتصال gap-junction عندما تكون المسافة بين الخليتين المتجاورتين ٤٠-٧٠ أنجستروم ويكون هذا الاتصال يسمى الاتصال المقفل close junction

- والغشاء البلازمي يعمل كحاجز رقيق فعال يفصل بين المحتوى السائلي الداخلي للخلية الحية.
- ففي الحيوانات الأولية مثل البروتوزوا Protozoa وغيرها يكون الوسط الخارجي لهذه الخلايا هو مياه الأنهار أو البحيرات بينما في الحيوانات عديدة الخلايا تكون الخلايا محاطة بالخارج بواسطة الدم أو الليف والعصارات وسوائل المعدة والأمعاء المختلفة.



الأصابع البيئية للغشاء البلازمي
(شكل ٢-٥)

أهم الوظائف الفسيولوجية المختلفة للغشاء البلازمي

Physiology of Plasma Membrane

هو تنظيم مرور جزيئات المواد من داخل وخارج الخلية عبر الغشاء الخلوي وتقوم الخلية بتنظيم ثبات الأتزان الداخلي Homeostasis للمكونات السائلة داخل الخلية وخارجها. حيث أن هذه المكونات الثابتة قد يسمح بمرورها والبعض الآخر لا يسمح بمرورها إلا عن طريق منظمات لنقل هذه الجزيئات إلى الداخل مثل Receptor أو Carrier molecules وهناك وسائل مختلفة أو طرق لمرور هذه الجزيئات عبر الغشاء الخلوي plasma membrane إلى داخل الخلية وهي:

١- خاصية النفاذية : Permeability

يشير الغشاء البلازمي بأنه رفيع مرن حول الخلية يسمح بمرور الأيونات الصغيرة لبعض المواد للعبور خلاله. وهذه الخاصية ما تسمى بالنفاذية .

- عدم النفاذية: Impermeable

في حالة البوصلة غير المخصصة في بعض الأسماك لا يسمح الغشاء البلازمي بمرور أي جزيئات ماعدا الغازات .

- نصف نفاذية: Semi-permeable

وهي تسمح بمرور الماء فقط وليس جزيئات المواد وهو غالبا ليس موجودة في الخلية الحيوانية.

- خاصية النفاذية: Selective permeability

وهي قدرة هذه الأغشية على السماح بمرور بعض الأيونات وجزيئات المواد وعدم مرور غيرها.

٢- الضغط الأسموزي: Osmosis

يسمح الغشاء البلازمي بمرور جزيئات الماء والغازات إلى داخل الخلية وخارجها وذلك نتيجة للفرق في التركيز الداخلي والخارجي لمحتويات الخلية. حيث يمر الماء من الغشاء البلازمي من المنطقة الأعلى تركيزاً إلى المنطقة الأقل تركيزاً وتسمى هذه العملية الأسموزية osmosis أو لدفع (Gr., osmos = pushing) ، وهذا النقل لا يحتاج إلى طاقة .

- دخول الماء: Endosmosis

هو عملية دخول الماء إلى الخلية من خلال الغشاء البلازمي يسمى التشرب (Endosmosis) .

- خروج الماء: Exosmosis

وهي عملية خروج جزيئات الماء من الخلية من خلال الغشاء البلازمي تسمى هذه العملية بالأخراج الأسموزي Exosmosis.

- تحتوي الخلية على محتويات مختلفة من المواد المذابة في السيترولازم على سبيل المثال في هذه كرات الدم الحمراء تحتوي على أيونات البوتاسيوم (K^+) والكالسيوم (Ca^{++}) والفوسفات (PO_4^-) ومذاب في

الهيموجلوبين وبعض المواد الأخرى. أما في الخلية النباتية فعملية خروج كمية كبيرة من السوائل خارج الخلية يحدث أنكمش السيتوبلازم من الغشاء البلازمي وتسمى هذه العملية التحلل أو فقد الشكل (Plasmolysis (Gr. Plasma=molded, lysis=loosing)

٣- الانتشار أو النقل: Diffusion or passive transport

وهي عملية مرور السوائل بما تحمله من جزيئات كبيرة أو صغيرة متشابهة أو غير متشابهة إلى داخل الخلية وعندما يكون هناك نوعين من الجزيئات لبعض المواد فإن هذه الجزيئات تميل إلى أن تمزج مع بعضهما البعض بواسطة عملية الانتشار (Diffusion) الذي يتم خلال الغشاء البلازمي، وهذا الانتشار لهذه الجزيئات لا يحتاج إلى طاقة ولكن يكون نتيجة للفرق في تركيز الأيونات في الغشاء البلازمي فسي الداخل والخارج وفرق الجهد الكهربائي Electrical gradients. وهناك نوعان من الانتشار هما :-

أ- الانتشار البسيط: Simple diffuse

فهناك مواد تذوب في الماء بسهولة وبذلك يكون من السهل مرور هذه المواد عبر الغشاء الخلوي ومواد غير متشابهة ولا تختلط مثل الدهون والزيوت ومثل الهرمونات والغازات تمر أيضا بسهولة لأن الجدار المكون للغشاء الخلوي يتكون أساسا من التركيب الليبوبروتيني.

ب- الانتشار الوسيطى : Facilitated diffusion

يمكن للمكونات أو الجزيئات الذائبة في السوائل أن تمر عبر الغشاء الخلوي من الداخل أو الخروج إلى الخلية من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل ولكن بمساعدة وسيط وهي بعض الجزيئات البروتينية تحمل هذه المكونات وتسمى هذه الجزيئات بالحوامل البروتينية Carrier proteins.

٤- النقل النشط: Active transport

عندما يحدث انتقال أو حركة لجزيئات أو أيونات بعض المواد خلال الغشاء البلازمي فإن ذلك يتطلب قدر من الطاقة وهذه الطاقة يمكن الحصول عليها بواسطة انزيم أو اثنين ثلاثي الفوسفات (ATP) والذي يحدث اكسدة في الاجسام المسماة (Mitochondria) والذي غالبا ما يحدث في الخلايا العصبية والكلوية. بعض جزيئات المواد الكيميائية تستطيع المرور من خلال ثقبوب الغشاء البلازمي مثل القوراميد والجلوسرول واليوريا. وهذا يحدث في حالة مرور المواد في عكس تركيزها أي مرور المواد من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى وفي هذه الحالة تحتاج إلى طاقة في صورة ATP.

٥- الأكل والخراج الخلوي: Endocytosis and Exocytosis

معظم خلايا العضلات الخلوية وعديدة الخلايا Unicellular or multicellular organisms تأخذ الطعام في صورة محاليل فعلى سبيل المثال في الحيوانات عديدة الخلايا فإن الطعام يهضم بواسطة الإنزيمات الهاضمة وامتصاصها بواسطة الأمعاء ومرور الجزيئات الممتصة إلى سائل الجسم لداخلية مثل الدم والليمف وغيرها وهذه المواد الغذائية تكون في صورة جزيئات مثل السكريات الأحادية، الأحماض الأمينية، والأحماض الدهنية، والجليسرول، الفيتامينات وغيرها. وتمر هذه المواد المختلفة من خلال الغشاء البلازمي بواسطة خاصية النفاذية والضغط الاسموزي والانتشار والانتقال النشط.

وتتأكسد المواد الغذائية جزئياً في الميتوكوندريا وتكتمل الأكسدة تماماً في الأجسام المسباحية Mitochondria وأحياناً الغشاء البلازمي ويدخل في هضم بعض الجزيئات الكبيرة وهذه العملية تسمى الهضم الخلوي أو الدخول الخلوي Endocytosis (Gr., Endon = Within, kytos = Cell)

وهناك عملية عكسية أخرى تختلف عنها وهي الأخراج الخلوي (Exocytosis) وهي عملية اخراج الإفراز الخلوي مثل الخلايا البنكرياسية التي تقوم بإفراز الإنزيمات خارج الخلية حسب طبيعة الغذاء أو المادة الخارجية.

أ- وينقسم الأكل أو الهضم الخلوي Endocytosis إلى نوعين هما:

- التشرب الخلوي Pinocytosis
- البلعمة الخلوية Phagocytosis

عملية تناول المواد السائلة ودخولها أو أخذ أملكها داخل الخلية خلال الغشاء البلازمي تسمى هذه العملية التشرب الخلوي Pinocytosis (Gr., pinein = to drink) وأول من لاحظ عملية التشرب الخلوي هو العالم لنوارد والعالم لويس (Lewis) في عام (١٩٣١) في الأميبيا.

وفي عملية التشرب الخلوي، يقوم الغشاء البلازمي بعمل فجوات غشائية تحيط بالجزيئات أو الحبيبات لصغيرة أحرة في السائل الداخل إلى الخلية وتقوم هذه الفجوات بابتلاع هذه المواد السائلة إلى داخل الخلية وهذه الفجوات المحاطة بالغشاء البلازمي تسمى Pinosomes وتقوم هذه الفجوات بعمل الوسيط في نقل هذه المواد السائلة إلى الجزء الأمامي من الخلية والتي تتحد مع الحبيبات الإفرازية أو الليزوسومات.

والفجوات الغذائية تقوم بعمل هضم المواد الغذائية داخل الخلية ويتم توزيع الغذاء المهضوم وانتشاره داخل الميتوكوندريا.

ويمكن رؤية هذه الفجوات الغذائية تحت الميكروسكوب الإلكتروني تحت مسمى Micropinocytosis ميكروبينوسيتوسس وهذه الحويصلات أو الفجوات الصغيرة هي عبارة عن اندغامات من الغشاء البلازمي Invagination of plasma membrane نحو الداخل ويبلغ نصف قطرها حوالي ٦٥٠ أنجستروم. وهذه الحويصلات مفتوحة من كلا الطرفين الداخل والخارج حتى يمكن نقل أو توصيل الإفرازات أو المواد من الحويصلة إلى داخل الخلية أو العكس وقد شوهدت هذه الحويصلات الصغيرة Micropinocytosis في الخلايا الإندوثيلية Endothelial cells وخلايا شوان Schawn في العقد العصبية والخلايا العضلية والخلايا الشبكية.

* البلعمة أو الخلايا الآكلة Phagocytosis

وهي عملية تناول بعض المواد أو الجزيئات الصلبة الكبيرة ودخولها إلى داخل الخلية خلال الغشاء البلازمي. وعملية تناول هذه الحبيبات أو الجزيئات الكبيرة من المواد داخل الخلية تسمى بعملية البلعمة phagocytosis

وجودها: Occurrence

وعملية البلعمة أو التآكل Phagocytosis تحدث غالباً في الأوليات وبعض الحيوانات عديدة الخلايا وهذا النوع من الخلايا موجود ونشط في حبيبات خلايا كرات الدم البيضاء leucocytes وبعض الخلايا ذو المنشأ الميزوبلاست والتي تسمى ماكروفاغ Macrophage والجهاز الإندوثيلي الشبكي Reticulo-endothelial والخلايا في المناطق المكونة لكرات الدم (مثل نخاع العظام والغدة الليمفاوية والطحال) أما الخلايا الإندوثيلية endothelial cells والتي تبطن الجدار الداخلي للجيوب الدموية داخل الكبد والغدة الأدرنالية Adrenal gland وهذه الخلايا الآكلة Macrophagi cells تستطيع أن تبتلع البكتريا وبعض الأوليات والخلايا المتفتتة حتى بعض الحبيبات أو الغروية Colloidal particles بواسطة عملية البلعمة أو الأكل Phagocytosis. (شكل ٢-٦)

عملية البلعمة: Process of phagocytosis

في هذه العملية يحدث تولد بعض الحبيبات أو الجزيئات الغريبة حول الغشاء البلازمي وتقترب منه ويقوم الغشاء البلازمي بعمل اندغام إلى الداخل يسمى الحويصلة Vesicles أو فجوة vacuole وهذه العملية تسمى بعملية التحوصل أو التجوف (Vacuolization) والغشاء الخارجي لهذه الحويصلة أو التجوف يسمى الغلاف الآكل Phagosomes ونتيجة هذا التجوف إلى الأمصاص ليتحد مع بعض الليزوسومات حيث توجد بعض الإنزيمات المحللة التي تقوم بهضم الغذاء داخل الحويصلة إلى حبيبات صغيرة سهلة الامتصاص كمواد تشبه مواد السيترولازم وتنفذ فيه أما المواد التي لم تهضم undigested food تطرد إلى خارج الغشاء البلازمي عن طريق عملية الطرد Ephagy أو الأخراج Egestion.

أنواع البلعمة Types of Phagocytosis

١- البلعمة الدقيقة Ultraphagocytosis or Colloidopexy

وفيها يقوم الغشاء البلازمي بتناول أو أكل الجزيئات الصغيرة الغروية
smaller colloidal particles

٢- البلعمة الكبيرة أو كروموبكسي Chromopexy

وفيها تقوم الخلية بتناول أو ابتلاع الجزيئات الغروية الكروموجينية وتسمى هذه
العملية بالكروموبكسي Chromopexy

ب - الإخراج أو الطرد: Exocytosis or Emeiocyctosis or cell vomiting

في بعض الخلايا مثل الخلايا الهيكريسية تقوم الفجوات التي تحتوي على الإفرازات المختلفة من
الانزيمات وتتحرك من داخل الخلية إلى سطح السيتوبلازم حيث تتحد هذه الفجوات مع الغشاء البلازمي
وتخرج هذه المواد إلى خارج الخلية وهذه العملية تسمى بالإخراج أو الطرد أو القي Exocytosis or
exocytosis or cell vomiting

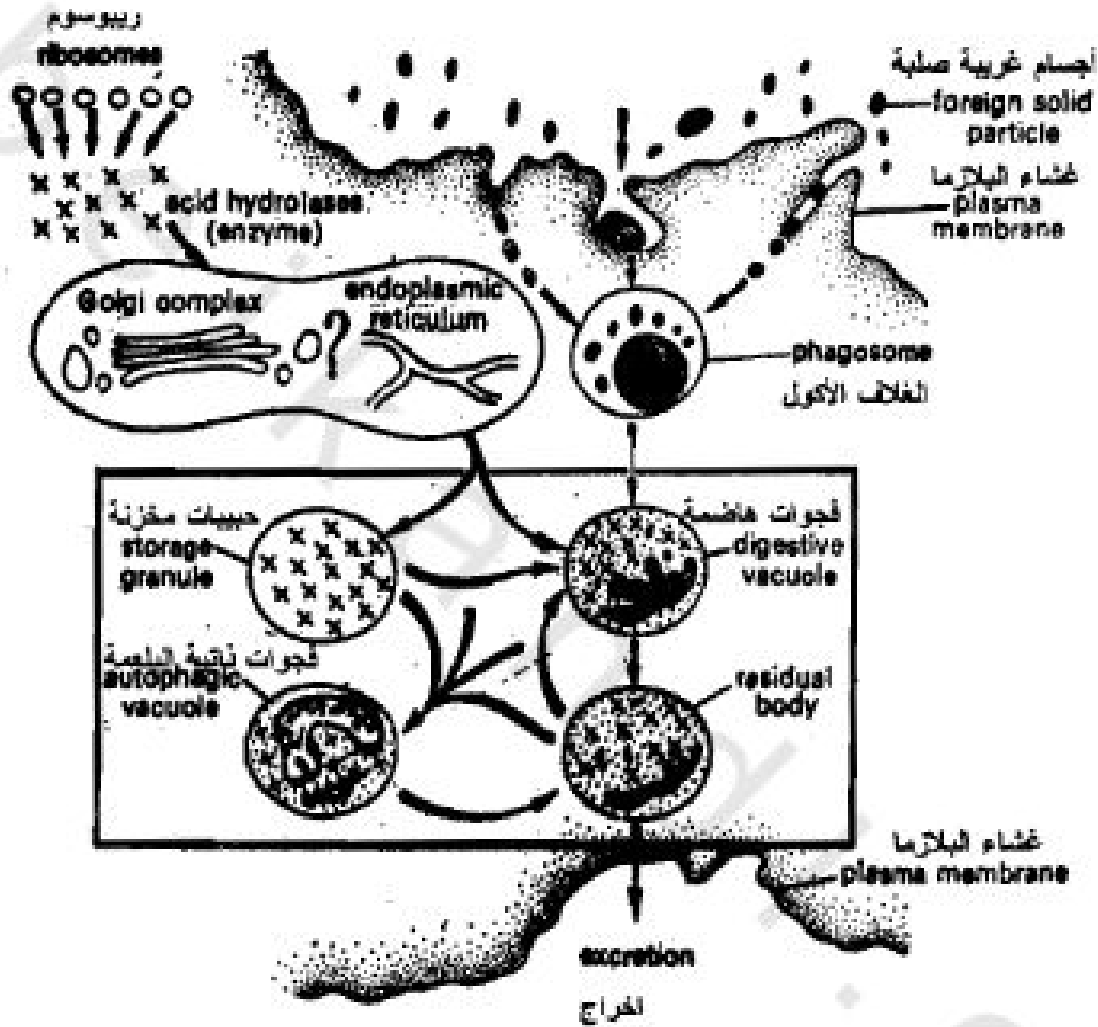
Microvilli الزوائد البروتوبلازمية

هذه الزوائد تتميز بأنها ذات سطح حر نشط يتكون من خلايا طلائية عمودية وهذه الزوائد تأخذ
شكل الأصابع finger-like الصغيرة على سطح الغشاء البلازمي والتي تسمى بالزوائد الفيروتوبلازمية
(Villi). ويبلغ طولها من ٠.٦ - ٠.٨ ميكرون ونصف قطرها ١٠٠٠ أنجستروم وتحتوي
الخلية الواحدة تقريبا على ٢٠٠٠ زائدة بروتوبلازمية Microvilli.

- والمسافة الطبقة Narrow space بين كل زائدة تشكل أو تعمل كمصفاء لمرور بعض المواد أثناء
عملية الامتصاص.

- وتزيد هذه الخيائل أو الزوائد عملية الامتصاص مثل الخلايا الطلائية في الأمعاء Intestinal
epithelial cells والخلايا الكبدية liver cells وخلايا الرحم uterus وغيرها.

- تنظيم مرور المواد الذاتية بين الخلية والوسط المحيط بها ، ويطلق على هذه الخاصية النفاذية .
ويقوم بتنظيم خروج المواد الدالة أو الضارة الناتجة من عملية الأيض المختلفة ويقوم هذا الغشاء
بحماية المحتويات الداخلية للخلية .



Phagocytosis in the cell

عملية البلعمة في الخلية (شكل ٦-٢)

الهيكل الخلوي Cytoskeleton

وهو يتكون من شبكة من القنيتات البروتينية protein tubules تتركب من مادة الأكتين وهذا النوع من البروتين هو المكون لهذه القنيتات والزوائد البروتينية أو الخملات المكونة لسطح الغشاء البلازمي وكل من القنيتات والخيوط filaments سواء من مادة الكرياتينين أو الألياف العصبية أو الألياف العضلية أساسيان في تكوين الهيكل الخلوي وهذه المكونات المسنولة عن المظهر والشكل الخارجي للخلية كما تساعد في عملية تنظيم وترتيب مكونات السيتوبلازم داخل الخلية وتدعم الهيكل الأساسي لها. الأنيبيبات النخيفة الموجودة في السيتوبلازم الموجودة في الجسم المركزي تؤدي إلى دعم الخلية.

ومن أهم الوظائف الأساسية لغشاء الخلية هي:-

- يقوم الهيكل الخلوي بمساعدة الخلية في تنظيم النشاط الحيوي لها وزيادة معدل الكفاءة لها. حيث يوجد في الخلية العديد من الإنزيمات ولكل إنزيم مسار معين فيوجد بالإنسان حوالي ١٠٠٠٠ ألف إنزيم ولكل منهم مساره الخاص أو ما يسمى Metabolic pathways.

- وأهم ما يتميز بها غشاء الخلية بأن لها خاصية النفاذية Selective Permeability التي يجعلها تختلف من المواد والمركبات والأيونات وما تسمح له بالنفوذ خلالها سواء إلى الداخل أو الخارج حسب الاحتياجات الفسيولوجية للخلية ،

- يعمل الغشاء البلازمي على تنظيم حركة مرور المواد من داخل وخارج الخلية .

- يوجد على أسطح الأغشية البلازمية مستقبلات لكثير من الهرمونات والمواد المختلفة مثل مستقبلات الكنايبنويدات وبعض هرمونات النمو وهرمون الأنسولين (IGF-1) Insulin-like growth factor I وغيرها .

- يقوم بالحماية لجميع محتويات الخلية الداخلية

- يقوم بتدعيم والحفاظ على الشكل والهيكل الأساسي للخلية بما يحتويه من شبكة من القنيتات والأنبيبات والخيوط .

٢- السيتوبلازم Cytoplasm

وهو الوسط الداخلي للخلية الحيوانية والتي يحيط بها من الخارج الغشاء الخلوي و يحتوى الميتوبلازم على

Cytoplasmic Organelles

أنواع عديدة من أ- العضيات الحية

Cytoplasmic Inclusions

ب- التركيبات الغير حية

أ- العضيات الحية Cell Organoids وهي:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Endoplasmic reticulum (ER) | ١- الشبكة الإندوبلازمية |
| Golgi complex | ٢- جهاز جولجي |
| Mitochondria | ٣- الأجسام المساحية (الميتوكوندريا) |
| Ribosomes | ٤- الريبوسومات |
| Lysosomes | ٥- الاجسام المحطلة أو الليزوسومات |
| Centrosome | ٦- الجسم المركزي |
| Nissl's granules | ٧- حبيبات نسل |

الشبكة الإندوبلازمية (ER) Endoplasmic reticulum

تتكون من مجموعة التجاويف المحلطة بأغشية رقيقة والتي يتصل بعضها ببعض لتكون شبكة متصلة داخل الخلية وتسمى هذه التجاويف بالصهارج Cisternae وهي أنبوبية الشكل وغير منتظمة وهي عادة ما تظهر كمجموعة تجاويف منفصلة مستديرة أو بيضاوية الشكل تحت الميكروسكوب الإلكتروني كما أوضحها بورثو عام ١٩٤٥ وتسمى هذه الأغشية ذات التركيب المختلفة باسم الشبكة الإندوبلازمية. ولول من أوضح هذه الشبكة وأهميتها من العلماء هم : العالم بورتر (Porter) ١٩٤٥، العالم فوست وأتو (Fawcett and Ito) ١٩٥٨، العالم ثيري (Theiry) ١٩٥٨، والعالم روز والعالم بوميرت (Rose and Pomerat) ١٩٦٠.

وجودها Occurrence

فهي تختلف في وجودها من خلية إلى أخرى فمثلا البويضة والخلايا الجنينية يوجد بها نقص في الشبكة الإندوبلازمية وأيضا الحيوانات المنوية فقيرة جداً في الشبكة الإندوبلازمية. وتحتوي الخلايا الكبدية على الأنواع المختلفة من الأغشية الإندوبلازمية النوع الخشن أو المصبى rough endoplasmic reticulum والنوع الأملس smooth endoplasmic reticulum

وتتركب الشبكة الإندوبلازمية من :-

تتركب الشبكة الإندوبلازمية من ثلاثة أنواع من التراكيب وهي:

١- تجاويف محببة طويلة متوازية أو صهارج تسمى Cisternae

٢- حويصلات Vesicles

٣- أنابيب Tubules

التجاويف أو الصهارج Cisternae

وهي تجاويف أو كيسات طويلة غير متفرعة نصف قطرها يبلغ ٤٠-٥٠ ملى ميكرون. وهي دائما توجد متوازية وعلى شكل حزم مثل الذي توجد في الخلايا البكرياسية والحيل الظهري والمخ.

الحويصلات Vesicles

هي تركيب بيضاوى الشكل يوجد به غشاء يحيط بها ويربطها بالتراكيب الداخلية لهذه الحويصلات ويبلغ نصف قطرها حوالي ٢٥-٥٠٠ مل ميكرون.

وتوجد أحيانا منفصلة في داخل السيتوبلازم في معظم الخلايا ولكن توجد بكمية كبيرة في داخل الخلايا البكرياسية.

الأنابيب: Tubules

وهي أنابيب متفرعة تكون نظام شبكي متفرع على طول كل من التجاويف Cisternae والحويصلات vesicles ويبلغ نصف قطرها حوالي ٥٠-١٩٠ مل ميكرون.

التركيب الفوق خلوي: Ultrastructure

تحتل التركيب المختلفة للشبكة الإندوبلازمية المختلفة السابقة الذكر بغشاء رفيع يبلغ سمكه حوالي ٥٠-٦٠ أنجستروم وهو غشاء يشبه الغشاء الإندوبلازمي أو للنواة وأغشية جولجي. تتكون الشبكة الإندوبلازمية من:

- غشاء داخلي وغشاء خارجي مكون من جزيئات الليپوتين وبينهما طبقة شفافة رقيقة من الفوسفوليبيد Phospholipids وتبقى الأغشية الإندوبلازمية على اتصال بالغشاء البلازمي وجهاز جولجي.
- تتميز الشبكة الإندوبلازمية بوجود التجاويف المسواة بالإفرازات النشطة التي يمكن مرورها منها.

- أنواع الشبكة الإندوبلازمية Types of Endoplasmic reticulum

الأنواع المختلفة من الأغشية الإندوبلازمية أما في الخلية الواحدة أو بعض منها في الخلايا الأخرى. وتتميز هذه الأنواع إلى:

١- الشبكة الإندوبلازمية الملساء أو غير المحببة:

A granular or smooth endoplasmic reticulum

ويحتوي هذا النوع من الأغشية على جدار خلوي لا يوجد به أو يتصل به أي نوع من الريبوسومات وهذا النوع من الأغشية لا يدخل في عملية تخليق البروتين. ولكن يوجد في الخلايا الدهنية والأمعاء والخلايا المخزنة للجليكوجين مثل الخلايا الكبدية والحيوانات المنوية وغيرها ويوجد أيضا في الخلايا العضلية وهو غني بها. وتتصل هذه الشبكة بغشاء الخلية من الخارج وبالعشاء النووي من الداخل عن طريق وصلات بين خلوية كما في شكل (٧-٢)

٢- الشبكة الإندوبلازمية الخشنة أو المحببة:

Granular or rough endoplasmic reticulum

يحتوي هذا النوع من الأغشية على الريبوسومات المتصلة به حيث تقوم هذه الريبوسومات في عملية تخليق البروتين ويوجد هذا النوع من الأغشية الإندوبلازمية بكمية كبيرة في الخلايا المختلفة للبروتين مثل الخلايا البنكرياسية وخلايا البلازما والخلايا الكبدية وغيرها.

- تميل الشبكة الإندوبلازمية للصبغة القاعدية basophilic stain نتيجة لوجود مادة رن أ (RNA) والريبوسومات.

وقد يسمى وسط هذه الأغشية الإندوبلازمية الذي يحتوي على هذه النوع من الحبيبات القاعدية باسم أرجيمتوبلازم أو الأجسام القاعدية أو المواد الكروموفيه أو أجسام نسل

Ergastoplasm, Basiophilic bodies, Chromophilic substance or Nissl bodies

وتحتوى الشبكة الإندوبلازمية في بعض الأحيان على ثيوب صغيرة pores or annuli مثل الحيوانات المنوية واليوبيضات في بعض الفقاريات مثلها مثل الغشاء النووي. وقد أشار إلى ذلك كل من العالم ورد، ورد (Ward & Ward) ١٩٦٨ والعالم ميريام (Merriam) ١٩٥٩ والعالم كيسيل (Kessel) عام ١٩٦٣.

الإنزيمات الخاصة بالأغشية الإندوبلازمية.

Enzymes of the ER-membranes

تحتوى الشبكة الإندوبلازمية على أنواع مختلفة من الإنزيمات الهامة والداخلية في كثير من العمليات التخليقية المختلفة.

ومن أهم هذه الإنزيمات هي:

- الاستريزيزات المختلفة مثل:

NADH-cytochrome c reductase, NADH diaphorase glucose-6-phosphatase and Mg^{++} activated ATPase.

- بعض الإنزيمات مثل ثنائي الفوسفاتات النيكوتينية

Nucleotide diphosphate

والتي تدخل في تخليق كل من الفوسفوليبيد والحامض الاسكروبيط

phospholipids, Ascorbic acid, glucuonide steroids

ومن أهم وظائف هذه الإنزيمات هي:

- تخليق الجليسيريدات Glycerides وثلاثى الجليسيريدات Triglycerides والفوسفوليبيد

Phospholipids

- تخليق الأحماض الدهنية Synthesis of fatty acids

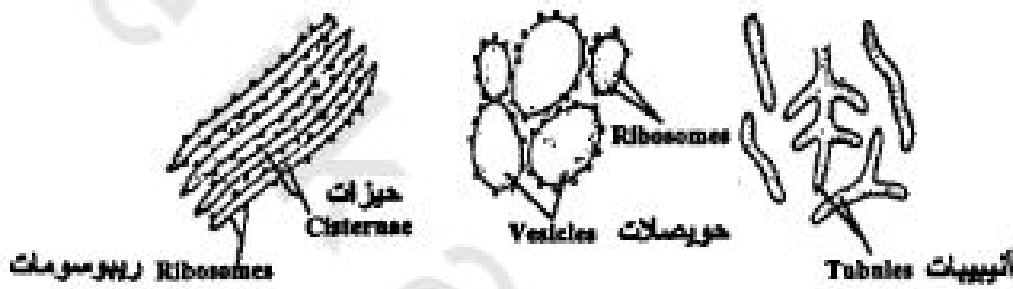
- تخليق الاسترويدات Biosynthesis of the steroids مثل الكلسترول والاسترويدات الستيرويدية.

- تخليق حامض الاسكروبيك L-ascorbic acid synthesis

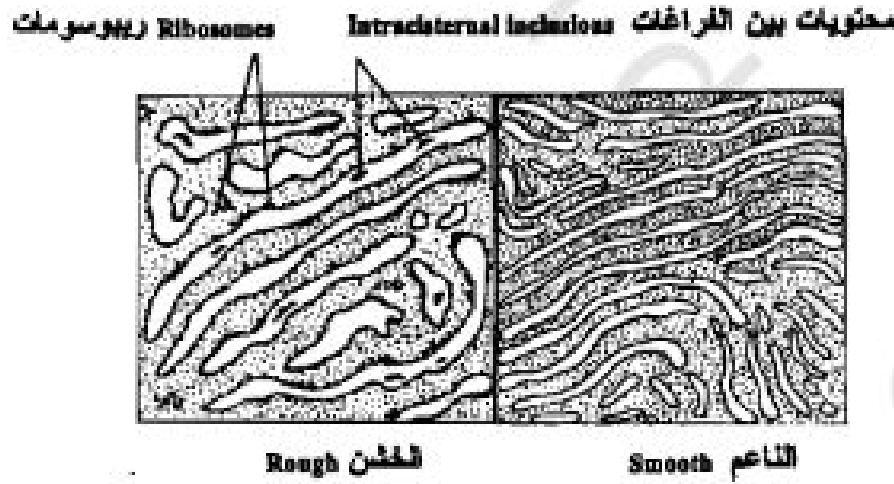
أهم الوظائف الخاصة لهذه الشبكة:

- تمثل أصدة أودعامة الخلية من الداخل وهي تتكون من مركبات ليوبروتينية وتقوم بتخليق البروتين عن طريق وجود الريبوسومات عليها ولأن تجاوبها تعمل كممرات يتم من خلالها نقل المواد بين الأجزاء الميتوبلازمية المختلفة .

- تسمح بتبادل الجزيئات من وإلى داخل الخلية عن طريق عبورها من خلال الثغرات أو الفتحات التي توجد به بواسطة الضغط الاسموزي أو النشاط النقلي لهذه الأغشية.
 - تحتوي الشبكة الإندوبلازمية على عدد كبير من الإنزيمات التي تشارك في كثير من العمليات الحيوية والتخليقية في الخلية.
 - وتعمل الشبكة الإندوبلازمية كنظام أو وسيلة ناقلة لنشطة فمثلا
Golgi membrane → lysosomes or secretory Granular ER → Agranular ER → granules
 - وتعمل الشبكة الإندوبلازمية كوسيلة ناقلة للنبضات المختلفة بين الخلايا
Conduct intro-cellular impulses
- مثل:
- Sarcoplasmic reticulum transmits impulses from the surface membrane into the deep region of the muscle fibres.
- وتعمل الشبكة الإندوبلازمية على نقل الأوامر المختلفة الناتجة من لنواة عن طريق الغشاء النووي إلى الميتوكوندريا خصوصاً بعد الانقسام النووي.
 - تقوم بحماية الخلية من التأثير السام لبعض المواد بواسطة عملية نزع السمية detoxification.



Different Components of Endoplasmic Reticulum.



Endoplasmic Reticulum.

الشكل رقم (٢-٧) الشبكة الإندوبلازمية

شكل رقم (٢-٧)

جهاز جولجي، Golgi complex

ومن أهم العضيات الخلوية التي تقوم بتخليق السكريات العديدة والبروتينات والإنفرازات المختلفة والإنزيمات بأنواعها هو جهاز جولجي في سيتوبلازم الخلية الحيوانية والنباتية، وهو عبارة عن أغشية على شكل قنات مفلطحة متوازية طويلة وأكياس صغيرة sacs تصبغ بواسطة أملاح الفضة ورباعي أكسيد الأوزميوم وأول من لاحظ وجود هذا الجسم هو العالم كاميلو جولجي ١٨٩١ في الخلايا العصبية في القنطريش. وهناك عدة تسميات لجهاز جولجي فهو يسمى أيضا

Golgisome, Golgi bodies, Golgi material, Golgi membrane, etc.

وفي الخلية النباتية واللافقاريات الدنيا يسمى جولجي Golgi body أو ديكيتيسوم Dictyosome

وجوده Occurrence.

يوجد جهاز جولجي في معظم الخلايا ذات الأنوية الأولية مثل البكتريا والطحالب الخضراء وبعض الخلايا حقيقية النواة Eukaryotic cells مثل بعض الطحالب fungi والخلايا الدم الحمراء في الحيوانات ومعظم الخلايا الحيوانية.

التوزيع Distribution

يوجد جولجي في الخلية النباتية موزع في داخل السيتوبلازم أما في الخلية الحيوانية فإنه يوجد أعلى النواة.

الشكل Morphology

يتكون شكل جهاز جولجي في الخلية الحيوانية والذي يبلغ طوله ١-٢ ميكرون وارتفاعه ٥، ميكرون من قرصي الشكل disc-shaped ويتكون من:

١- عدد من التجاويف أو الحويصلات الكبيرة Plate-like compartments أو تسمى العوارض Cisternae

٢- شبكة جانب من الأندليب المتصلة ببعضها البعض

Peripheral network of interconnecting tubules

٣- حويصلات جانبية تحيط بالعوارض تسمى الحويصلات الصغيرة وفجوات جولجي

Vesicles and golgian vacuoles

وتحت الميكروسكوب الإلكتروني يتركب من ثلاثة أجزاء هي:-

١- عدد من الحويصلات الإفرازية المفلطحة Flattened or Distended vesicles رقيقة الجدران تجري موازية لبعضها البعض.

Secretory vesicles

٢- عدد من التجاويف أو الحويصلات الكبيرة المستديرة

Microvesicles

٣- مجموعة من التجاويف أو الحويصلات الصغيرة

وهو يتركب من مواد ليبوبروتينية يختلف الجهاز من الخلية لأخرى وهو على شكل من القنوات المعقدة المتداخلة حول نواة الخلية في المرحلة الجنينية و يأخذ الشكل الهلالي حول النواة كما في شكل (٨.٢)

العوارض : Cisternae

هو عبارة عن كيس sac أو تجويف مملؤ بالمحتوى السائلي كما أشار إليه العالم مور Morre ومساعديه في عام ١٩٧١.

وقد أشار العالم هل Hall ومساعديه في عام ١٩٧٤ بأنه يتركب من عدد من ٤-٧ أو من ٣-١٢ (كما أشار إليه العالم تورث كوت ١٩٧٣) أنابيب مفلطحة أو عوارض خيطية متلاصقة مع بعضها البعض ومتماسكة ومتوازية لبعضها في شكل حزم فوق بعضها البعض.

وتصل العوارض Cisternae في كل جهاز إلى ٣٠ أو أكثر من هذه التجاويف sac أو العوارض وهي منحنية قليلاً slightly curved وتأخذ الشكل المحبب أو المقعر كل كيس أو عارض cisternae تشمل أو تتكون من ثلاث طبقات متحدین الغشاء ويبلغ سمكه حوالي ٦ ميكرون 6 m μ.

وفي هذا التماسك أو التجمع stack يفصل العوارض عن بعضها البعض بواسطة مسافات بين عرضية أو كيسيّة inter-cisternal space تصل إلى ١٠٠-١٥٠ أنجستروم في العرض وفي بعض الخلايا تكون على شكل أنابيب متوازية في كل طبقة وتسمى العناصر بين عرضية أو الكيسية Intercisternal elements تمتد بين المسافات البينية للعوارض وتعمل على تقوية الجهاز والصفائح المكونة له كما أشار إليه العالم هل Hall ومساعديه (Hall) عام ١٩٧٤.

- وتتكون هذه العوارض من منطقة مركزية صفيحة الشكل Central plate-like region (Saccule) أو تسمى الكيس يبلغ قطرها من ٠.٥-١ ميكرون متقبه fenestrated وفي الجوانب المحيطة بها وامتدادها يتصل بها شبكة من الأنابيب.

ويتميز هذا الكيس بأن له خاصية القطبية polarity طرف من القطبين مصحوباً بالأغشية الإندوبلازمية والطرف الآخر مثل الغشاء البلازمي.

الأنابيب: Tubules

توجد الأنابيب حول المنطقة المحيطة بالكيس ويبلغ نصف قطر هذه الأنابيب من بين ٢٠٠ - ٥٠٠ أنجستروم.

الحويصلات: Vesicles

وهي عبارة عن حويصلات صغيرة متصلة بالأنابيب حول المنطقة المحيطة بالكيس area of cisternae

وهناك نوعان من هذه الحويصلات هي:

- حويصلات ملساء Smooth vesicles

ويبلغ نصف قطرها ٢٠-٨٠ مل ميكرون وتحتوي على مواد إفرازية وتخرج إلى الأنابيب من خلال الشبكة المكونة لهذه الأنابيب.

- الحويصلات المغلفة: Coated vesicles

وهي كروية الشكل ويصل نصف قطرها حوالي ٥٠ مل ميكرون مدعم بسطح خشن وموجود في الجزء المحيط بالجهاز وخاصة في نهاية كل أنبوبة.

- تجويفات جولجي: Golgian vacuoles

هي تجويفات كبيرة ذات تركيب كيسي منور في الجزء العلوي من نهاية الكيسين.

المنطقة الخاصة أو المحظورة: Zones of Exclusion

يوجد جهاز جولجي في أسيوبلازم في منطقة قليلة غير موجودة أو نملانية من الريبوسومات والميتوكوندريا والعضيات الأخرى وهذه المنطقة تسمى المنطقة الخاصة.

التركيب الكيميائي: Chemical composition

التحليل الكيميائي لعشاء جهاز جولجي يبين أنه حلقة اتصال بين الغشاء الإندوبلازمي (ER) والغشاء البلازمي Plasma membrane كما أشار إليه العالمان كينن ومور (Keenan & Morre) في عام ١٩٧٠.

- فـجـهـاز جـولـجـي يـحـتـوي عـلى الفوسفولييد Phospholipids مـثـل سـفـالـن وـلـيـسـن (e.g., Cephalin & Lecithin) والبروتينات والإنزيمات، الفوسفاتير الثلاثة والثمانية ADPase, ATPase, CTPase والثيامين بروفوسفاتيز، السيتوكروم NADH-cytochrome C - reductase المينكروم الفوسفاتي glucose-6-phosphatase NADPH-cytochrome C reductase والسكر المداس الفوسفاتي وبعض الفيتامينات والأحماض الدهنية وغيرها.

الوظيفة: Function

- وظيفته هو عملية تكوين المواد الإفرازية وتجهيزها packaging وتصديرها أو إخراجها من الميتوبلازم إلى خارج الخلية عن طريق الغشاء البلازمي بواسطة خاصية التشرب pinocytosis.
- ومن أهم هذه الوظائف هي تكوين الحويصلات الإفرازية لعمل الإنزيمات digestive enzymes.
 - تكوين الجسم القسي للحيوان المنوي الذي يحتوي على الإنزيمات المحللة لغشاء البويضة مثل الهيستيروندينيز أو ماثبيه التريس.
 - ذات أهمية كبيرة في إفراز بعض الإنزيمات والهرمونات.
 - يختص بإنتاج العصارة الصفراوية والمواد المخاطية ولذلك فلن أجهزة جولوجي تكثر جدا في الخلايا الإفرازية في المعدة والأمعاء والكبد وغيرها .

الأجسام السباحية (الميتوكوندريا) Mitochondria

أول من لاحظ الأجسام السباحية هو العالم كوليكير Kolliker فى عام ١٨٨٠ فى الخلايا العضلية للحشرات ثم العالم فلمنج والتمان Altmann فى عام ١٨٩٠ وعمل وضع تقسيمى لها. وأول من وضع تسمية الأجسام السباحية Mitochondria هو العالم بندا Benda ١٨٩٨ ولقد صبغها بالأكزرين والبلورات البنفسجية Alizarin and crystal violet وفى عام ١٩٣٤ استطاع العالمان بنسلى وهورر Bensley & Hoerr فصل الأجسام السباحية من الخلايا الكبدية. وفى عام ١٩٤٨ استطاع العالم هوجبوم Hogeboom توضيح أهمية الأجسام السباحية على أنها هى المركز الأساسى فى تنفس الخلية Cellular respiration وفى عام ١٩٥٧ استطاع العالم شيفرمونت Chevremont أن يتوقع وجود جزيئى د ن أ (DNA) فى الأجسام السباحية وفى عام ١٩٦٣ استطاع العالم ناس Nass مشاهدة وبرهنة وجود جزيئى د ن أ DNA فى الأجسام السباحية

وعلى ذلك فإن للأجسام السباحية عدة أسماء وهى كالتالى:

Mitochondria, Fuchsinophilic granules, parabasal bodies, plasmosomes, plastosomes, fila, vermicules, biblasts and chondriosomes.

الشكل Morphology

العدد Number

يعتمد عدد الأجسام السباحية فى الخلية على نوع ووظيفة الخلية والحيوان فهو يختلف من خلية إلى أخرى ومن نوع إلى آخر فمثلا يوجد فى الأميبا Amoeba حوالي ٥٠٠,٠٠٠ وبويض البرمليات حوالي ٣٠٠,٠٠٠ من الخلايا السباحية، وفى بعض الخلايا الخاصة مثل الخلايا الكبدية للفئران تتنوى على حوالي ٥٠٠ إلى ١٦٠٠ من الأجسام السباحية. وفى الخلايا النباتية تتنوى على عدد أقل من الأجسام السباحية بمقارنتها بالخلايا الحيوانية لأن معظم الخلايا النباتية تعتمد فى إنتاج الطاقة على عملية التمثيل الضوئى.

الحجم: Size

يختلف حجم الأجسام السباحية من خلية إلى أخرى فهو يتراوح من ٢٠٠٢ ميكرون وطولها يتراوح من ٣ - ٤٠ ميكرون فمثلا الخلايا البكتيرية في الثدييات يبلغ طول الأجسام السباحية ١٠ ميكرون وفي بويضة البرمائيات للضفدعة *Rana pipens* يتراوح بين ٢٠ - ٤٠ ميكرون.

التركيب: Structure

تتألف الأجسام السباحية بغشاء مزدوج يغطيها ويزيدها قوة وثبات. وهذا الغشاء المزدوج يتكون من غشاء خارجي Outer membrane وغشاء داخلي Inner membrane ويبلغ سمك كل منهما حوالي ٦٠-٧٠ أنجستروم.

وكلا الغشائين الداخلي والخارجي يتكون من جزيئات من البروتين يتراوح سمكها من ٢٠-٢٥ أنجستروم من الطرفين وفي الوسط يبلغ السمك حوالي ٢٥ أنجستروم من طبقتين من الدهون lipids ويفصل بين الغشائين غشاء بيني يسمى

Inter membrane space called outer compartment or perimitochondrial space of 60-80 Å°.

يبلغ عرضه حوالي ٦٠ - ٨٠ أنجستروم ويحيط الغشاء الداخلي بمعظم الحجرات والمكونات الداخلية للأجسام السباحية ومنها الوسط الداخلي لها matrix.

والوسط matrix يحتوي على الدهون والبروتينات، وجزيئات د ن أ الدائري circular DNA molecules، ٧٠ أس (70s ريبوسوم Ribosomes) وبعض الحبيبات التي لها القابلية لتجميع وتخزين الأيونات وانتقال الماء خصوصا في خلايا الانبيبات الكحولية والخلايا الطلائية والامعاء وغيرها.

والغشاء الداخلي Inner membrane يحتوي على امتداد خارجي Outer Perimitochondria نحو المنطقة الداخلية المحيطة بالغشاء الداخلي cytosol or c face towards ووسط داخلي Inner matrix or M face نحو الوسط Matrix ويزيد الغشاء الداخلي المساحة الداخلية له بتكوينه ثنيات وإزيمات البويبه تسمى عوارض الأجسام السباحية Mitochondrial crest or Cristae mitochondriales والتي تخرق وسط الأجسام السباحية.

الجدار الداخلي لتحت الوحدة أو للوحدات الأساسية:

Inner membrane subunits or elementary particles

تحت التكبير العالي للميكروسكوب الإلكتروني يظهر الجدار الداخلي للأجسام السباحية من وحدات أو جسيمات صغيرة مثل كرات التنس يبلغ نصف قطرها حوالي ٧٠-١٠٠ أنجستروم وهي حبيبات منتظمة على مسافات ثابتة تبلغ ١٠٠ أنجستروم وتتصل هذه الحبيبات أو الكرات الثابتة المسافة وبين الجدار الداخلي بواسطة ساق أو عصا قصيرة يبلغ طولها من ١٥-٥٠ أنجستروم ويبلغ عددها من ١٠-١٠ في كل جسم سباحي وتعرف بالجزيئات الأساسية

F- particles or inner membrane subunit أو elementary particles F

يحتوي الغشاء الداخلي للأجسام السباحية على الإنزيمات المؤكسدة والناقلة مثل: electron

transport particles or ETP

ويعتدل F1 في الإنزيمات المنتجة للطاقة وخصوصا Atpase or ATP

synthetase والعمليات الخاصة بالأكسدة والفسفرة.

التكوين الكيميائي لها:

يختلف التركيب الكيميائي للأجسام السباحية من الخلايا الحيوانية والنباتية.

فتتكون الأجسام السباحية من ٦٥-٧٠% من البروتينات ٢٠-٣٠% من الدهون ، ٥% من ر ن أ (RNA) وكمية صغيرة من د ن أ (DNA) وتحتوي الأجسام السباحية على ٩٠% من الفوسفولييد (مثل الليثين Jecithin, سيفالين cephalin) ٥% أو أقل من الكسترول، ٥% من الدهون الحرة وثلاثي الدهون والجدار الداخلي للأجسام السباحية يحتوى على كمية كبيرة من الفوسفولييد Cardiolipoprotein and phospholipids.

The enzymes of mitochondrial bodi666es

إنزيمات الأجسام السباحية:

تحتوي الأجسام السباحية على حوالي أكثر من ٧٠ نوع من الإنزيمات والإنزيمات المساعدة. وتوزع هذه الإنزيمات في الوسط matrix والجدار الداخلي والخارجي للأجسام السباحية. وهذه الإنزيمات هي:

١- إنزيمات الغشاء الخارجي: The enzymes of outer mitochondrial membrane

الإنزيمات الاحادية المؤكسدة:

Monoamine oxidase, rotenone – insensitive NADH-cytochrome-c-reductase, kynurenine hydroxylase and fatty acid COA ligase.

٢- إنزيمات الغرفة الخارجية للأجسام المسباحية:

The enzyme of outer mitochondrial chamber

Adenylate kinase nucleoside وهي انبيلات كينيز

٣- إنزيمات الغشاء الداخلي للأجسام المسباحية

The enzymes of inner mitochondrial membrane

ومعظم هذه الإنزيمات هي إنزيمات ناقلة:

Enzyme of electron transport pathways, v.z., nicotinamide adenine dinucleotide (NAD), flavin adenine dinucleotide (FAD), diphosphopuridine micletide (DPM) dehydrogenase, four cytochromes (cyt b, cyt c, cyt a and cyt a3). Ubiquinone Q10 or coenzyme Q10, non-heme copper and iron, succinic dehydrogenasis, β -hydroxybutyrate dehydrogenase; carnitive fatty acid acyl transferase.

٤- الإنزيمات الموجودة في وسط الأجسام المسباحية وهي

The enzyme of the mitochondrial matrix

Malate dehydrocyenase, socitrate dehydrogenase, fumarase, aconitase, citrate synthetase, α -keto acid dehydrogenase, β -oxidation enzyme.

وأهم وظائف الأجسام المسباحية هي:

- الأكسدة وعمليات التنفس في الخلية وإنتاج الطاقة.

Oxidation, dehydrogenation, oxidative phosphorylation and respiratory chain of the cell.

- معظم السكريات والدهون تتأكسد إلى ثنائي أكسيد الكربون والماء. وينتج عنها طاقة كبيرة نتيجة لوجود

ATP إنزيمات الفسفرة ثلاثي أدنيزين فوسفات (ATP)

حيث أن الأجسام المسباحية هي بيت الطاقة (Power House) ويوجد ثلاثي أدنيزين ثلاثي

الفوسفات بهذه الصورة



في هذا التفاعل السابق نتج عن انكسار الرابطة الثلاثية لثلاثي الأدينين هذه الطاقة ٧٠٠٠ كلورى

وحدث طاقة والطاقة الناتجة من الرابطة الكيميائية لإنتاج الطاقة ٣٠٠ كلورى من وحدة الطاقة. وهناك

أنواع أخرى لإنتاج الطاقة مثل

cytosin triphosphate (CTP), (UTP) uridine triphosphate guanosine triphosphate (GTP).

الريبوسومات Ribosomes

والريبوسومات هي عبارة عن حبيبات صغيرة مركزة كروية أو مدورة الشكل من الريبونيكلوبروتين Ribonucleoprotein وهي موجودة حرة داخل وسط السيتوبلازم أو الاجسام المسماة أو متصلة بالأغشية الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum. وهي موجودة في معظم الخلايا الحقيقية والأولية كمصدر أساسي لتخليق البروتينات وسلسلة الببتيدات العديدة polypeptide chain.

وأول من شاهد الريبوسومات هو العالم روبنسن وبرون عام ١٩٥٣ في الخلية النباتية ثم جاء العالم بلاد palade عام ١٩٥٥ وشاهد الريبوسومات في الخلية الحيوانية وقد تمكن من فصله.

وجوده وتوزيعه Occurrence & Distribution

يوجد للريبوسوم في الخلية الحيوانية أما حر في داخل السيتوبلازم أو ملتصقا على سطح الأغشية الإندوبلازمية.

أنواع الريبوسومات: Types of Ribosomes

هناك نوعان طبقا للحجم وعامل الترسيب هما:

١- ٧٠ أس ريبوسوم (70S Ribosomes)

وهو نوع صغير الحجم والوزن الجزيئي له 2.7×10^6 دالتون وأحجانه تحت الميكروسكوب الإلكتروني للجزيئات الجافة من ٧٠ أس (70S Ribosomes) هو $170 \times 170 \times 200$ أنجستروم طبقا لما وجدته العالم أستير في عام ١٩٥٩ والعالم هكسلي Huxely وزويى Zubay في عام ١٩٦٠.

٢- نوع ٨٠ أس (80S Ribosomes)

وهو يبلغ من الوزن الجزيئي 40×10^6 دالتون وهذا النوع من الريبوسوم موجود في الخلية الحيوانية الحقيقية.

تركيبه: Structure

وهو تركيب كروي يبلغ نصف قطره حوالي ١٥٠ - ٢٥٠ أنجستروم وهو متقرب ويكتسب الماء وهو مكون من تحت وحدتين :

- واحدة من هذه تحت الوحدة subunit ذو حجم كبير يشبه النوم بينما الآخر صغير الحجم يوجد فوق تحت الوحدة الكبيرة على شكل تركيب يشبه الطقوس cap-like structure
- الريبوسوم ٧٠ أس يتكون من وحدتين هما ٥٠ أس، ٣٠ أس والريبوسوم ٥٠ أس (50 S) هو تحت الوحدة الكبيرة الحجم ويحتوي على حجم من ١٦٠ - ١٨٠ أنجستروم.

والريبوسوم ٢٠ أس (30 S) هو تحت الوحدة الصغيرة وموجود فوق تحت الوحدة ٥٠ أس (50 S) على شكل طاقية cap

- الريبوسوم ٨٠ أس (80 S) يتكون من اثنتين تحت وحدة ٦٠ أس (60 S)، ٤٠ أس (40 S).

يبلغ ٦٠ أس تحت وحدة الكبيرة الحجم الذي يشبه النوم Dome-shaped ويعني هذا النوع متصل بالأغشية الإندوبلازمية والقناة.

- أما النوع الآخر ٤٠ أس (40 S) هو النوع تحت الوحدة الأصغر في الحجم وهو موجود فوق تحت الوحدة الكبير الحجم (60 S) على شكل تركيب يشبه الطاقية cap-like structure ويفصل كل من تحت وحدتين بواسطة شق ضيق.

- هذه الأنواع تحت الوحدات تبقى متصلة ببعضها البعض تحت تركيز منخفض من أيونات المغنسيوم Mg^{++} (0.01 M) ions وعندما يقل تركيز هذا الأيون في الوسط، كل من هذه في الوحدات تنفصل عن بعضها البعض.

- في الخلايا البكتيرية توجد الوحدات منفصلة عن بعضهما البعض حرة والسيتوبلازم وتتحد مع بعضها البعض عند عملية تخليق البروتين.

- في حالة التركيز العالي من أيونات المغنسيوم في الوسط هذه الريبوسومات الثنائية تكون مصحوبة مع بعضها البعض وتعرف باسم الثنائيات Dimer وانشاء تخليق البروتين كثير من الريبوسومات تتجمع على رن أ المسافر messenger RNA ويكون عديد الريبوسومات polyribosomes or polysomes.

التركيب الريبوسومي بالميكروسكوب الإلكتروني:

في عام ١٩٦٢ تمكن العالم ناتجا مشاهدة تحت الوحدة ٥٠ أس (50 S) من الوحدة ريبوسوم ٧٠ أس (70 S) والذي يأخذ الشكل الخماسي pentagonal وذو الجزيئات المتماكة والذي يبلغ ١٦٠-١٨٠ أنجستروم.

- في داخل تحت الوحدة توجد مسافة دائرية حوالي ٤٠-٦٠ أنجستروم وقد تمكن العالم فلورنتو عام ١٩٦٨ من مشاهدة وجود مسافة شغافه مقبية في تحت الوحدة ٥٠ أس وهذه الثقوب لا تسمح بمرور الأنزيمات المحللة أو إنزيمات الريبونوكليز enzyme ribonuclease وقد شوهدت هذه الفتحات أو الثقوب في تحت الوحدة ٦٠ أس من الوحدة ٨٠ أس ريبوسوم.

- تحت الوحدة الصغيرة small subunits من الريبوسومات لا تحتوي على شكل منتظم ثابت وتبقى مقسم إلى جزئين كل جزئ يبقى متصل بالآخر بواسطة شريط سمكة من ٢٠-٦٠ أنجستروم.

التركيب الكيميائي: Chemical structure

يتركب الريبوسوم من ريبوسوم ريبونيكليك اسد أو ريبوسوم الحامض النووي (rRNA) والبروتين، الدهون وبعض أيونات العناصر، Ribosomal ribonucleic acid (rRNA), proteins, lipids, and certain metallic ions.

وفى كلا النوعين من الريبوسومات ٧٠ أس، ٨٠ أس العلاقة بين الريبوسوم ر ن أ، البروتينين تبقى متغيرة.

فمثلا فى حالة الريبوسوم ٧٠ أس يحتوى على ريبوسوم ر ن أ ٦٠ - ٦٤ % أكثر من بروتينات ٨٠ أس الذى يشمل على ٣٦-٣٧ %.

بروتينات الريبوسومات: Ribosomal proteins

أوضح العالم جريت والعالم ويتمن فى عام ١٩٧٣ أن الريبوسوم ٧٠ أس فى انتيميبا كولاي تحتوى ٥٥ من الريبوسومات البروتين وخارج ٥٥ بروتين يوجد ٢١ بروتين فى تحت الوحدة ٣٠ أس - بينما ٥٠ أس تحت وحدة تحتوى على ٢٤ بروتين.
- بروتينات تحت الوحدة الصغيرة ٧٠ أس فهي عند التثبيت بواسطة حرف S وتحت الوحدة الكبيرة تسمى L.

وبذلك يسمى الوزن الجزيئى لتحت الوحدة الصغيرة S-proteins وهي تتراوح من ٦٣,٠٠٠ إلى ٦٥,٠٠٠ بينما الوزن الجزيئى لتحت الوحدة L-proteins تتراوح بين 9000 to 22000.

بروتينات انزيمات الريبوسوم Ribosomal enzymatic proteins

- معظم بروتينات الريبوسومات تعمل كإنزيمات وتعمل كإنزيمات مساعدة فى عملية تخليق البروتين فى خطوات متعددة.

وعلى سبيل المثال البروتين يسمى عامل النقل (Transfer factors) مثل عامل ج G-factor عامل Ts-factor وغيرها وهذه العوامل تحتاج دائما إلى طاقة أثناء عملية التخليق.

- هذه العوامل لازمة ومتطلبة فى عملية نقل الريبوسومات على ر ن أ المسافر لنقل ر ن أ الناقل rRNA المتبقى من جانب من الريبوسوم إلى الآخر لترجمة الشفرة الوراثية ل ر ن أ المسافر (mRNA) لاتحاد ر ن أ الناقل (tRNA) والمحمل بالحمض الأميني إلى ر ن أ المسافر (mRNA) وهكذا.

العوامل البادئة Initiation factors

فى معظم عمليات تخليق البروتين توجد أنزيمات معينة مثل F₁, F₂ & F₃ تبدأ فى عملية تحفيز وتنشيط عملية تخليق البروتين وهي تسمى العوامل البادئة أو الأولية.

- العوامل الانتهاية terminal factors وهي بروتينات تسمى R₁, R₂ تؤدي إلى إخراج وإنتاج سلسلة من عديد الببتيدات من الريبوسومات بعد الإنتهاء من الترجمة.

* الأجزاء المعطلة أو الليزوسومات Lysosomes

(وكلمة lyso بالأخريفي = الهضم Digestive some body = الجسم) الجسم الليزوسومات عبارة عن غشاء رقيق يحيط بتركيب فجوى داخل السيتوبلازم ووظيفتها الأساسية هي الهضم الخلوى وكان اول من لاحظ هذا التركيب هو العالم دى ديوف فى عام ١٩٥٥ كما فى شكل (٢-٨).

ومنشأ الليزوسومات Origin of lysosomes

فهو غير معروف على وجه التقريب فبعض العلماء يقولون انه من منشأ الغشاء البلازمى plasma membrane والبعض الآخر يقول انه من الجسم القمى Acrosome للحيوان المنوى حيث يحتوى على الكثير من الإنزيمات وخاصة الإنزيمات الفوسفاتية Acid phosphatase أى أن منشأها من جهاز جولجى والبعض الآخر مثل نوفوكوف Novikoff ١٩٦٥ الذى ذكر أن منشأ من الأضحية الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum.

وجودها :- Occurrence

هو موجود فى معظم الخلايا الحيوانية والنباتية، وأن معظم الخلايا الحيوانية خلايا إفرازية مثل الخلايا الليفية الكبدية والطحال وغيرها فإنها تحتوى على كمية كبيرة من الليزوسومات.

الشكل: Morphology

تتخذ الليزوسومات الشكل الكروى Spherical كما فى شكل (٢-٩) ويترأخ حجم الليزوسومات بين ٢ - ٨ ميكرون وربما أكبر فى خلايا الأنبيبات الكلوية ومثل الخلايا الأكولة وكرات الدم البيضاء Phagocytes and leucocytes.

التركيب : Structure

وهى تأخذ شكل أو تركيب فجوى دائرى تحتوى بداخلها على كمية كبيرة مركزة من إنزيمات الأحماض الفوسفاتية Acid phosphatase enzyme. والليزوسومات محاطة بوحدة غشائية من الليبوبروتين lipoprotein.

التركيب الكيميائى: Chemical structure

تحتوى الليزوسومات على حوالى ٢٤ أنزيم وهذه الإنزيمات هى:

β -galactosidase, β -glucuronidase, α -glucosidase, α -mannosidase; cathepsin A (Acid Protease), cathepsin β (Acid pritease), aryl sulphatase A; Acid ribonuclease, Acid deoxyribonuclease, Acid phosphatase, etc.

معظم هذه الإنزيمات موجودة داخل الغشاء الرقيق الليزوسوم ويكون ثابتاً ومستقراً في الخلية العادية وهناك بعض المواد الكيميائية التي تجعله أكثر ثباتاً مثل الكلسترول والكورثيزون ، والكورثيزون والعكس من ذلك بأن هناك مواد تؤدي إلى إثارة الغشاء وخروج المحتوى الإنزيمي إلى سيتوبلازم الخلية مثل البروجوسترون والاندوتوكسين والتستوستيرون، فيتامين أ، والأشعة فوق بنفسجية.

أنواع الليزوسومات : Kinds of lysosomes

هناك أربعة أنواع من الليزوسومات

- ١- الليزوسومات الأولية (البدائية) Primary lysosomes
- ٢- الليزوسومات الثانوية Secondary lysosomes
- ٣- الأجسام المتبقية Residual bodies
- ٤- الفجوات التلقائية الأكلية أو الوحدة الليزوسومية Autophagic vacuole or cytolysosome

١- الليزوسومات الأولية Primary lysosomes

وهي عبارة عن جسم صغير يشبه الكيس يحتوي على العديد من الإنزيمات وهذه الإنزيمات أما أن تفرز مباشرة بواسطة الغشاء الإندوبلازمي أو العوارض Cisternae الموجودة بجهاز جولجي.

٢- الليزوسومات الثانوية: Secondary lysosomes

وهي عبارة عن الفجوات الهاضمة digestive vacuoles أو heterophagosomes أو الفجوات الأكلية المتغيرة. فعندما تتغذى الخلية على مواد خارجية أو داخلية بواسطة بروتات أو ابتادات بروتوبلازمية لهذه الفجوات من الغشاء البلازمي واستدانته فإن هذه المواد يتم هضمها داخل هذه الفجوات وتسمى هذه الفجوات الأكلية باسم phagosomes أو تمزج أو تظل السائل داخل الفجوات يسمى pinosomes واتحاد هذه الفجوات أو الأغشية مع الأغشية الأولية التي سبق ذكرها تسمى الأغشية الثانوية Secondary lysosomes or Heterophagosomes

أو الفجوات الأكلية المتغيرة Heterophagosomes

وايئلاع المواد الغذائية وهضمها يكون تحت تأثير النشاط الإنزيمي لهذه الأغشية الثانوية وهضم هذه المواد بواسطة الإنزيمات يحولها إلى جزيئات صغيرة ذات وزن جزيئي صغير حتى يمكن أن تمر خلال الغشاء الليزوسومي وتصبح جزء من الوسط المحيط matrix من الميتوبلازم.

الأجسام المتبقية: Residual bodies

بعد عملية الهضم الانزيمى بواسطة الأغشية الثانوية المتبقى من الجزيئات أو المواد الغير مهضومة والبقايا المتخلفة من الأغشية الثانوية تسمى الليزوسومات المتبقية والثانوية باسم الأجسام المتبقية أو الأثرية - معظم هذه الأثر من الأغشية المتبقية debris هي غالبا ما تكون من الدهون lipid وتطرد إلى الخارج عن طريق الأخراج الخلوى exocytosis وقد تبقى بعض هذه المواد المتخلفة كمواد مساعدة لبعض العمليات الحيوية فى الخلية.

- وقد يكون تكوين هذه المواد نتيجة لخلل فى بعض الإنزيمات فى الليزوسومات والتي قد تؤدي إلى حدوث حوالي ١٢ نوع من الأمراض الهستوباثولوجية فى الإنسان مثل الحمى fever والأحتقان أو التهاب الكبدى الوبائى hepatitis وغيرها من الأمراض.

الفجوات التلقائية الأكله: Autophagic vacuoles

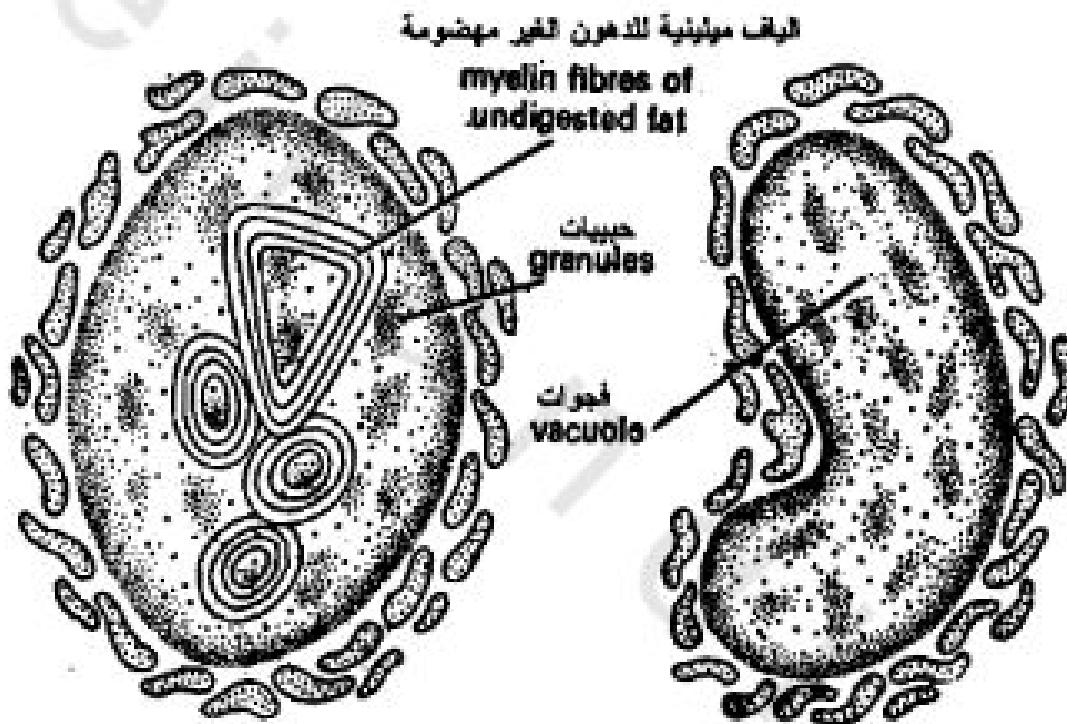
يظهر هذا النوع عندما تتغذى الخلية على العضيات الحيه الموجودة بين الخلايا مثل الأجسام المسباحية (الميتوكوندريا) والأغشية الإندوبلازمية بواسطة البروزات الناتجة من الفجوات التلقائية الأكله Autophagy. حيث أن الليزوسومات البدائية الموجودة تتركز حول العضيات الحيه فى الخلايا وتؤدي إلى هضمها. ودائما وجود الفجوات الأكله Autophagic vacuoles يكون مرتبط بوجود بعض الأمراض الهستوباثولوجية والفسيولوجية. وقد لاحظ ذلك كل من العالم م.دى دوف ١٩٦٧ (C. De Duve) والعالم أليسون (Allison) ١٩٦٧ عندما تم تجويع starvation بعض العضيات ، ظهر العديد من الفجوات الأكله Autophagic vacuoles فى الخلايا الكبدية وتغذت على المحتويات الخلوية.

وظائف الليزوسومات: Function of lysosome

- هضم الكثير من الجزيئات أو الحبيبات خارج الخلية مثل - الكرات الدم البيضاء على أى جسم غريب أو فيروس البكتريا يدخل الجسم

Digestion of large extracellular particles

- هضم بعض الجزيئات أو المواد داخل الخلية Digestion of intracellular substances



Two different kinds of lysosomes of the kidney cells of rat.

شكلان مختلفان من الليسوسومات لخلايا الكلية في الفأر (شكل ٢-٨)

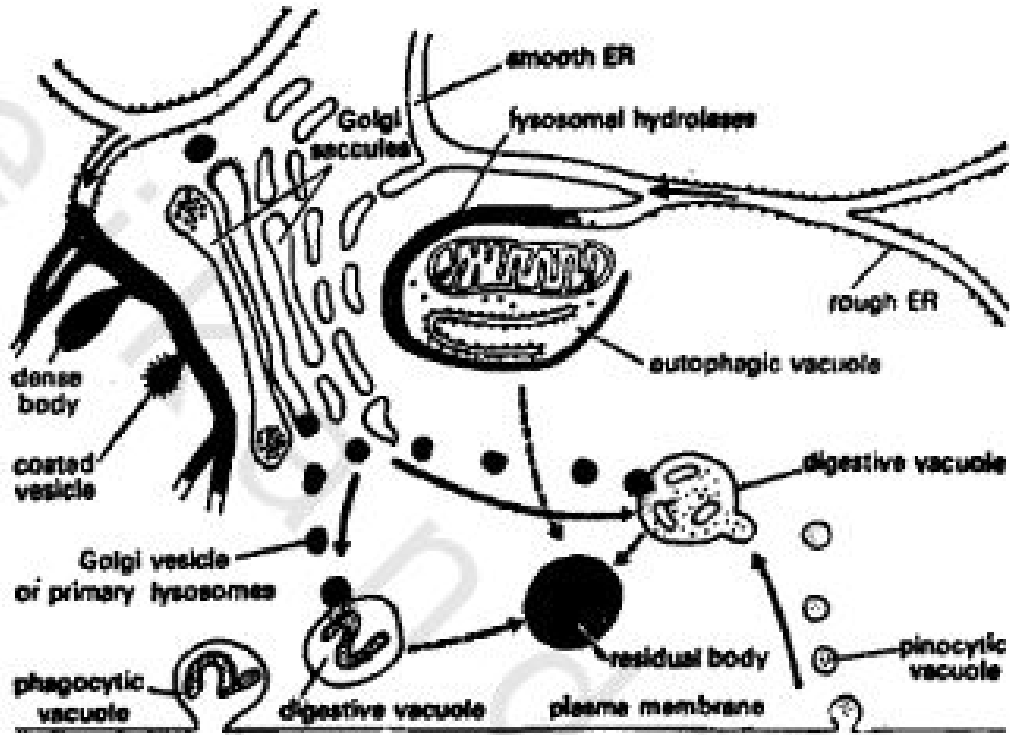


Diagram suggesting probable interrelations of some organelles in the transport of lysosomal hydrolases and the formation of lysosomes.

شكل يوضح عملية تكوين الليزوسومات رقم (٢-٩)

الجسم المركزي Centrosome

ويقع بالقرب من النواة وبه نقطتان مركزيان تسمى الحبيبتان المركزيان Centrioles يحاطا من الخارج بغشاء مركزي التي تنشأ منه الأشعة النجمية في بداية إنقسام الخلية وتظهر هذه الحبيبة المركزية تحت الميكروسكوب الإلكتروني على هيئة جسم إسطوانتي يحتوي جداره الخارجى على مجموعة من الأنابيب الدقيقة منتظمة في تسع مجموعات تتكون كل مجموعة من ثلاث أنابيب في اتجاه المحور الطولي لهذا الجسم ومن أهم وظائفه أنه يساهم في عملية انقسام الخلية كما في شكل (٢-١٠).

الحبيبة المركزية والأجسام القاعدية

Centrioles & Basalbodies

يحتوى سيتوبلازم الخلايا الحقيقية Eukaryotic cells على عمودين إسطوانيين الشكل cylindrical rod-shaped والأنابيب صغيرة microtubules وتسمى هذه التركيب باسم الحبيبات المركزية centrioles قريبة من النواة وعندما تحمل الحبيبات المركزية أهداب أو أسواط تسمى بالجسم القاعدي basal body.

وجوده: Occurrence

هو موجود في معظم الخلايا النباتية والحيوانية مثل الفطر والطحالب والأوليات والحيوانات المنوية والخلايا الحيوانية وغيرها ، ووجودها في بعض الخلايا الأولية Prokaryotes والدياتومي Diatoms والخمائر yeast.

ويحتوى الجسم المركزي Centrosome على حبيبتين تسمى Diplosome أو Centriole وهي بميدة عن الأجسام السباحية والريبوسومات وهي موجودة بالقرب من النواة ومحاطة بالسيتوبلازم وغشاء ليفي يسمى غلاف السنتروسفير Centrosphere طبقاً لما ذكره العالم روبن Robbins وآخرين في عام

١٩٦٨ والعالم برتر Porter ١٩٦٩

التركيب: Structure

هو تركيب اسطوانتي الشكل يبلغ نصف قطره حوالي ١٥ - ٢٥ ميكرون وطوله حوالي ٣ - ٧ ميكرون وبعضه قصير ويبلغ ١ ميكرون والآخر طويل ويبلغ ٨ ميكرون كما أوضح العالم فولنتن

١٩٧٩.

- الجدار الاسطوانى للحبيبة تحت الميكروسكوب الإلكتروني يتكون من ٩ أنابيب ثلاثية الأنابيبات متساوية البعض بينهما. وتتركب هذه الأنابيبات على شكل مروحة صغيرة بزاوية ٤٠ درجة لكل ريشة منها أو نصف القطر للأسطوانة وهذه الأنابيبات الثلاثة triplets هي المكونة لجدار الأسطوانة وهي غير متميزة من بعضها البعض ويبلغ نصف القطر لكل أنبوبيه منهم ٢٠٠ - ٢٦٠ أنجستروم وهذه الأنابيبات الثلاثة متوازية لبعضها البعض والمحور الأساسى أسطوانى.

Microtubules and Microfilaments الأنابيبات و الخطيبات

وهي من التراكيب التي تميز الخلايا الحيوانية حقيقية النواة Eukaryotic cell وهذه التراكيب تتميز بأنه طويلة وضيقة وموجودة في الخلية و بين الخلايا Cellular and intracellular وذلك لتدعيم شكل ووظيفة الخلية و يتضح تأكيد الأنابيبات الصغيرة تحت الميكروسكوب الإلكتروني أنها تتركب من جدار اسطوانى يبلغ سمكه حوالى ١٥٠ أنجستروم يحيط بفراغ مركزي يبلغ نصف قطره حوالى ١٠٠ - ١٥٠ أنجستروم وهذا الجدار يتكون من تحت وحدات Subunits تبلغ حوالى ١٣ متصلة ببعضها البعض بجسور عرضية بين الأنابيبات المتلاصقة أو المتجاورة Adjacent microtubules.

والتراكيب الكيميائية لهذه الأنابيبات معظمه واحد وهو يتكون من الجزيئات المتبلرة من الثيوبولين Polymerization of molecules of tubulin وثاني البروتين adimer protein ووزنه الجزيئي يصل ١١٠,٠٠٠.

يمكن لهذه الأنابيبات التي تتحرك من قطب إلى آخر أو من قطب إلى كروموسوم أثناء عملية الانقسام الخلوي و تكوين خيوط المغزل و التي تتصل أو تتمسك من الطرف الأخر بواسطة الكينيتوكوريسا Kinetochore وتتماسك الأنابيبات بهذا التركيب لعمل خيوط المغزل التي يحدث بها شد و الجذب و الاستقطاب للكروموسومات نحو قطبي الخلية أثناء الانقسام الخلوي Cell division والتغير في درجات تركيب وأطوال هذه الأنابيبات وجودها داخل الخلية يعمل على أن تكون من ضمن الدعائم القوية لهيكل الخلية وحمايتها وبقاء الشكل الثابت المميز لها cytoskeleton.

وهذه الأنابيبات توجد أيضا في تكوين الأهداب والأسواط المحركة للخلايا و التي تنظم و تخصص في وظائف معينة.

التركيب : Structure

أنابيبتان مركزيتان Two central microtubule محاطتان بتسعة أزواج من الأنابيبات وهذه الأنابيبات منتظمة ومضورة داخل وسط الخلية في حالة انقباض الأسواط أو الأهداب فإنها تعطي الخلية القدرة على الحركة.

وفي حالة تركيب كل من الأهداب أو الأسواط فإن هناك تركيب تسمي بالأجسام القاعدية Basal bodies والأنابيبات المكونة لها تنظم في تسع صفوف ثلاثية nine triplets وداخل في تركيبها الأجسام القاعدية (2+9) (9+2 arrangement of microtubules). والجسم القاعدي مشتق أساسا من الحيات المركزية Centrioles .

وأيضا أنابيبات الجسم المركزي Centrioles يتكون من تسع أنابيبات ويوجد الجسم المركزي فوق النواة أثناء الانقسام الخلوي إلى حبيبتين مركزيتين وتتجه كل واحدة نحو أحد القطبين لعمل اتصال خيوط المغزل بها حتى تتم عملية الانقسام الخلوي .

الخطيطات أو الخيوط الصغيرة : Microfilaments

وهي أصغر قليلا من الليفات وهي تشبهها تماما ويبلغ نصف قطره حوالي ٤٠ - ٨٠ أنجستروم.

التركيب : Structure

وهي تتركب من تحت وحدات بروتينية Protein Subunit وهذا البروتين يشبه تماما Actin وهو على شكل خيوط صغيرة داخل الخلية العضلية وانقباض العضلات يكون نتيجة للتفاعل بين خيوط الأكتين وخيوط و ألياف الميوسين الكبيرة مع وجود طاقة لتنفيذ هذا التفاعل أو الإنزلاق ووجود هذه الخيوط في الخلايا الغير عضلية و الألية يؤدي إلى تغير شكلها ودائما توجد في حزم حول الغشاء الخلوي . كما أن حركة الخلايا و بين الخلايا كلها تعتمد على الأنابيبات.

كل من الخلايا حقيقية النواة و أولية النواة Eukaryotic & Prokaryotic cell بها نظام حركي يعتمد أساسا على الأهداب و الأسواط ولكن يختلفان عن بعضهما كيميائيا فمثلا أسواط البكتيريا تتكون من بروتينات البسيلين Protein Bacillin وعلى شكل شريط فردي Single strand دون أي تركيب داخلية.

بينما الأسواط و الأهداب في الخلايا حقيقية النواة مبنية على أساس نظائري هو ($9+2$) من الأنابيبات ومتصلة بالجسم القاعدي ($9+0$) بواسطة تيوبولين tubulin هو البروتين الأساسي له، ولا يوجد أنابيبات في الخلايا الأولية .

و الأنابيبات و الأهداب و الأسواط تلعب دوراً هاماً في حركة الخلايا و بنائها و شكلها وتكوين خيوط المغزل في الخلايا ذات الأنوية الحقيقية (Eukaryotic cell) .

التركيب الكيميائي: Chemical composition

تتركب الأنابيبات الخاصة بالحببية المركزية من البروتين والتوبولين tubulin مع جزيئات من الدهون lipid molecules كما أشار إليه العالم فولتون (1971) وتحتوي الحبيبة المركزية على نسبة عالية من الإنزيمات الفوسفاتيزية ATPase enzyme

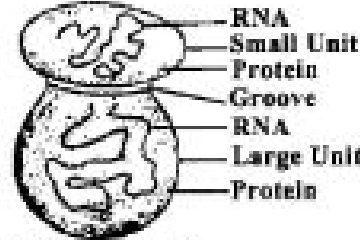
* حبيبات نسل Nissl's granules

وهي توجد في الخلايا العصبية فقط وهي على شكل عصي أو حبيبات صغيرة داخل السيتوبلازم وهي تتكون من مواد بروتينية ومن حامض الريبوز النووي وهي تقوم بتخزين كميات من الأكسجين أو الطاقة لحين الاستخدام .

ب- المحتوي السيتوبلازمي الغير حي Cytoplasmic Inclusions وهي تتمثل في :-

- مخزون غذائي من البروتينات والسكريات والدهون
- لقرارات مختلفة من أنزيمات وهرمونات وخلافة
- صبغات داخلية مثل الهيموجلوبين وصبغات خارجية مثل الكاروتين
- أملاح مثل الحديد والرصاص وغيرها .

عضرات الخلية CELL ORGANOIDS



A RIBOSOME ريبوسومات

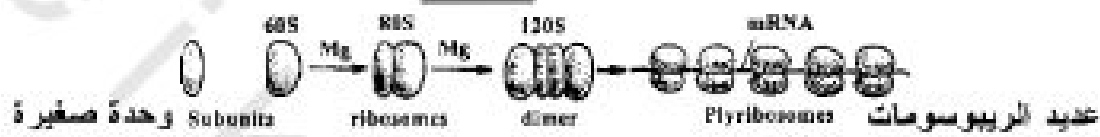


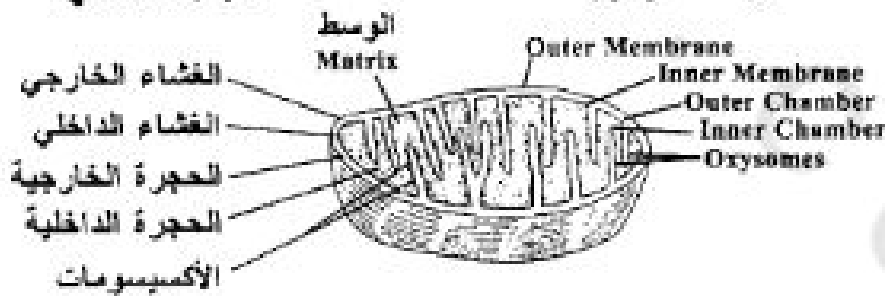
Diagram of The Subunit, Structure of the Ribosome and The Influence of Mg^{++} ions (after De Robertis et al., 1970)



GOLGI COMPLEX
جهاز جولجي

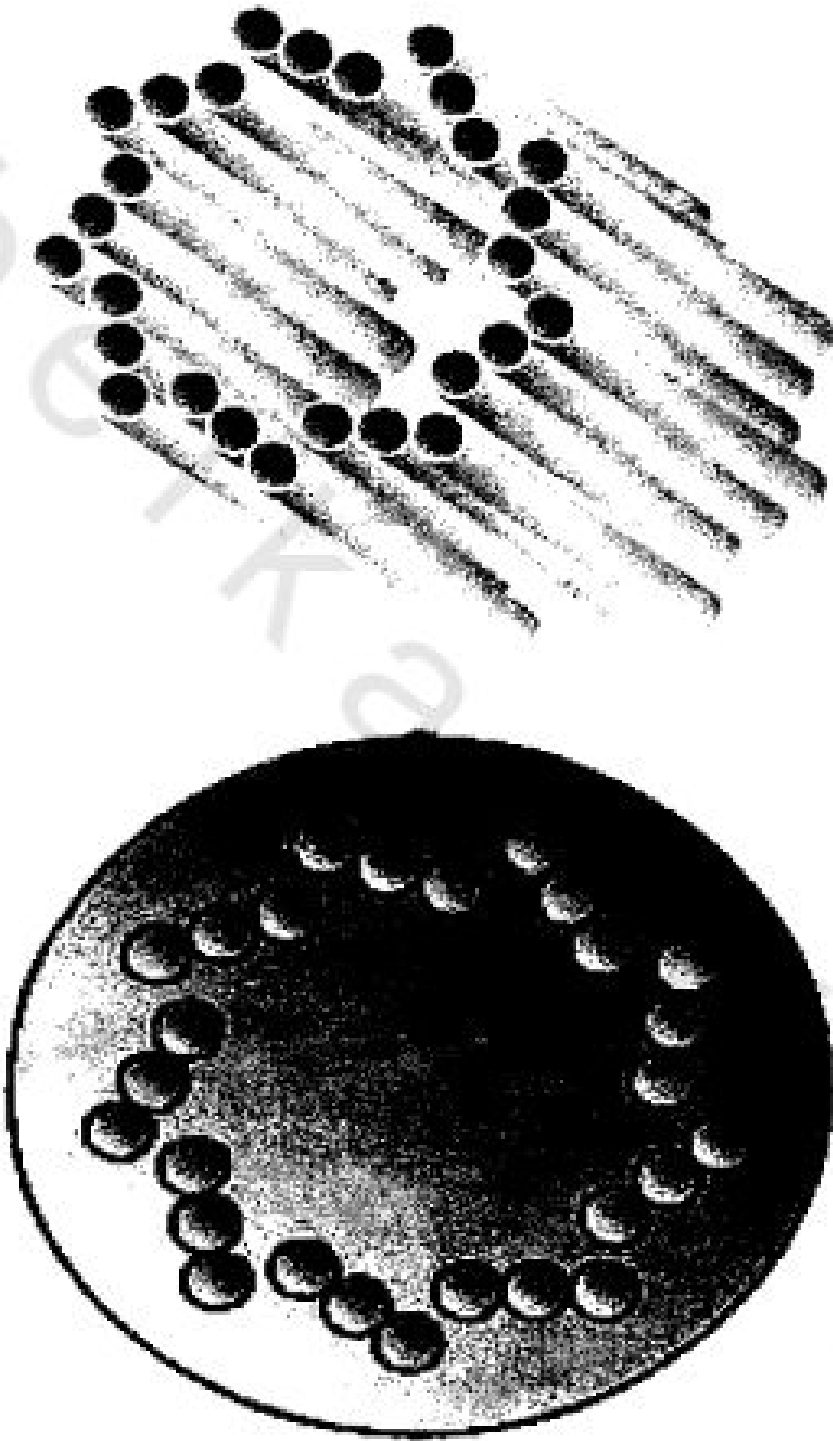


SECTION OF A CENTRIOLE.
الحبيبة المركزية



A MITOCHONDRION
الجسم السباحي (الميتوكوندريا)

شكل رقم (٢-١٠)



شكل رقم (٢-١١)

النواة Nucleus

- يحيط بها غشاء نووي karyotheca or Nuclear membrane وأهم ما يميز بها غشاء النواة بأن لها خاصية النفاذية Selective Permeability التي يجعلها تختار من المواد والمركبات والأيونات وما تسمح له بالتغاذ خلالها سواء إلى الداخل أو الخارج حسب الاحتياجات الفسيولوجية للخلية شكل (٢-١١)

البلازما النووية Nucleoplasma

وتشمل النواة ومحتوياتها من سائل نووي وشبكة كروماتينية ونووية وهي عديمة اللون وتملأ حيز النواة

الشبكة الكروماتينية Chromatin net

وهي المكونة لنواة الخلية كما في شكل (٢-١١). وهي تتكون من شبكة من الخيوط المرندوجة مصنوعة من DNA بصفة أساسية وتتقطع هذه الخيوط أثناء الانقسام الخلوية منتجة للعصى أو الصيغات الوراثية المعروفة باسم الكروموسومات Chromosomes التي تحمل الصفات الوراثية أو الجينات ويختلف عدد الكروموسومات من حيوان إلى آخر ففي الأمكارس ٢- والذئبة المنزلية ١٢ والصفدعة ٢٦ والإنسان ٤٦ (٢٣ زوجاً) وهذه الأرقام زوجية Diploid number بينما يوجد العدد الفردي في الخلايا التناسلية Haploid number .

DNA is composed of Adenine (A) – thymine (T) and Guanine (G)-cytosine (c).

(G-C)

(A-T)

جسم بار Barr body

وهو جسم عديمي الشكل يتكون من مادة كروماتينية ويقع تحت الغشاء النووي مباشرة وملاصقاً له في خلايا الأنث فقط وتستخدم هذه الظاهرة حالياً في التعرف على جنس الجنين وهو في بطن أمه.

البلازما النووية أو النيكلوبلازم Nucleoplasm

وهي أبسط تركيباً من السيئوبلازم وتتفصل منه بغشاء نووي ويحتوى في باطنه على السائل النووي الذي يملأ فراغ النواة ويحتوى على العديد من المواد الغذائية .

النوية Nucleolus

وقد توجد منها اثنين أو ثلاثة وهي أجسام مستديرة تتكون أساساً من RNA بعكس الشبكة الكروماتينية تتكون من DNA وتلعب دوراً هاماً في عملية الاشراف على تخليق البروتين في الريبوسومات الموجودة

في السيتوبلازم وهو يتكون من ريبونوكليوتيد رن ١ وهو الحامض النووي ريبوزي ومتحدة مع بعض البروتينات القاعدية مثل الهستونات والبروتينات ويتكون من ثلاث صور هي - رن ١ الرسول - رن ١ النقل - رن ١ الريبوسومي . RNA is made up from the ribonucleotides of
أدينين - سيتوسين وجوانين - يوراسيل

(A-C) Adenine (A) Cytosine (C)

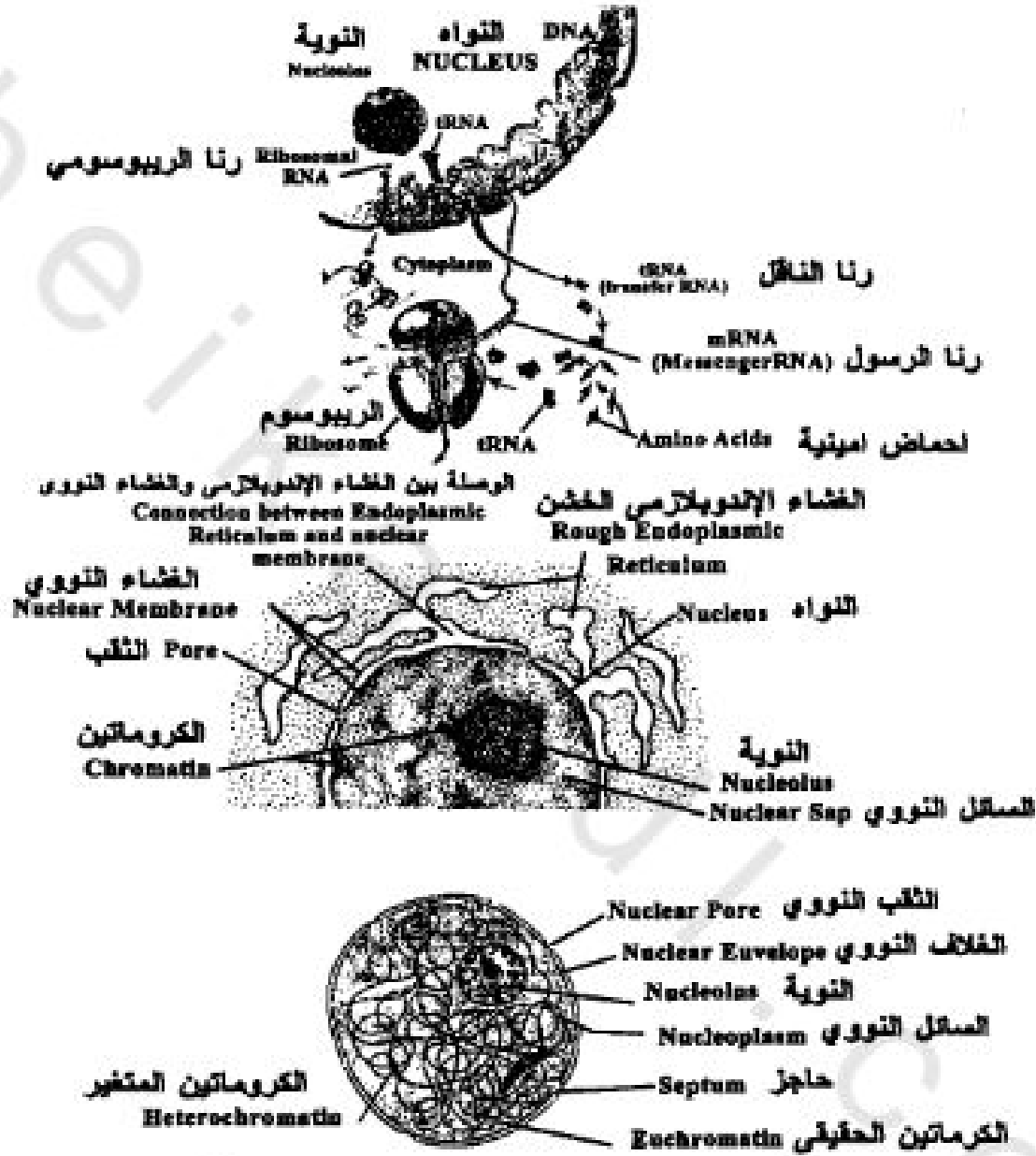
(G-U) Guanine (G) uracil (U)

وله ثلاثة مظاهر منه:

Messenger ribonucleic acid (mRNA) - رن ١ الرسول

Ribosomal -nucleic acid (rRNA) - رن ٢ الريبوسومي

Transfer Ribonucleic acid (tRNA) - رن ٣ النقل



Structure of a metaphase nucleus.

شكل رقم (٢-١١)